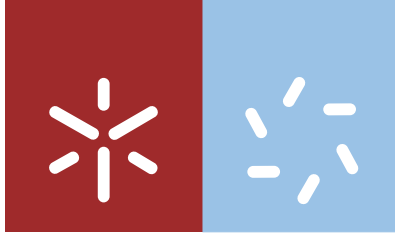


Universidade do Minho
Escola de Ciências

Maria José Carvalho Nogueira

Relatório de atividade profissional
Mestrado em Ciências - Formação Contínua
de Professores
Área de Especialização em Biologia e Geologia



Universidade do Minho

Escola de Ciências

Maria José Carvalho Nogueira

Relatório de atividade profissional

Ao abrigo do Despacho RT-38/2011

Mestrado em Ciências - Formação Contínua
de Professores
Área de Especialização em Biologia e Geologia

Trabalho efetuado sob a supervisão do
Prof. Doutor Pedro M. M. Pimenta Simões

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Doutor Pedro Pimenta Simões, supervisor deste relatório, pela sua orientação, disponibilidade e todas as sugestões e apoio concedidos.

Agradeço também à minha família que sempre me incentivou e apoiou ao longo de todo este percurso.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

O ponto 3 do despacho RT-38/2011 estabelece que os diplomados que tenham terminado as suas licenciaturas ao abrigo do sistema de graus anterior ao lançamento do Processo de Bolonha e que tenham mais de cinco anos de experiência profissional relevante, poderão obter o grau de mestre inscrevendo-se num ciclo de estudos conducente ao grau de mestre na especialidade. Para este fim, podem solicitar a creditação da formação adquirida na respetiva licenciatura e apresentar, em alternativa à dissertação, um relatório detalhado sobre a sua atividade profissional, objeto de prova pública, que incluirá a discussão das experiências e competências adquiridas.

A decisão de integrar este mestrado foi considerada uma excelente oportunidade para atualizar e reforçar os conhecimentos científicos na minha área de especialização, tirando também partido da experiência profissional adquirida na prática letiva e valorizando-a.

Este relatório reúne a experiência profissional relevante da autora, nas vertentes científica e pedagógica, no desempenho das funções de docente de Biologia e Geologia, ao longo de 11 anos, por forma a obter o grau de Mestre em Ciências – Formação Contínua de Professores – Área de Especialização em Biologia e Geologia.

O enquadramento científico tem por base a abordagem das rochas magmáticas, as suas fontes e a relação com o contexto tectónico em que são geradas, temática da área da geologia. Engloba a estrutura interna da Terra, a dinâmica do manto associada à tectónica de placas, a formação e ascensão de magma, os reservatórios geoquímicos do manto, um capítulo referente à classificação das rochas magmáticas e um capítulo mais abrangente relativo ao magmatismo associado aos diferentes contextos tectónicos.

No que concerne à vertente pedagógica, são apresentados os projetos com maior relevância desenvolvidos ao longo da atividade profissional e trabalhos no âmbito curricular que contribuíram para a melhoria e sucesso do processo de ensino aprendizagem. Por último, faz-se referência às ações de formação realizadas, como formanda, discutindo-se a sua importância na melhoria do desempenho na vertente científica e pedagógica, nomeadamente na resposta a novos desafios.

ABSTRACT

According to paragraph 3 of the RT-38/201 Order, graduates who have completed their degrees before the Bologna Process and who have more than five years of relevant work experience, may obtain a master degree by registering in a course of study which could lead to a master degree in expertise. At this point, they may request the accreditation of the training acquired in the respective degree and present, in alternative to the dissertation, a detailed report on their professional activity, object of public test, which includes the discussion of acquired experiences and skills.

The decision to integrate this master's degree was considered an excellent opportunity to update and reinforce the scientific knowledge in my area of specialization, also taking advantage of the professional experience acquired in the teaching practice and valuing it.

This report brings together the relevant professional experience of the author, in the scientific and pedagogical aspects as a Biology and Geology teacher, throughout 11 years of teaching experience, in order to obtain the master degree in Science - Continuous Teachers Training - Specialization in Biology and Geology.

The scientific framework is based on the approach of the magmatic rocks, their sources and the relation with the tectonic context where they are generated, thematic of the geology area. It encompasses the internal structure of the Earth, the dynamics of the mantle associated with plate tectonics, the formation and rise of magma, the geochemical reservoirs of the mantle, a chapter about the classification of magmatic rocks and a more extensive chapter on magmatism associated with different tectonic contexts.

Regarding the educational aspects, it presents the most relevant projects which were developed throughout the professional activity and work in the curricular area that have contributed to the improvement and success of the teaching and learning process. Finally, reference is made to the training actions that were taken, as a trainee, discussing their importance in improving my performance in scientific and pedagogical aspects, namely in responding to new challenges.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vii
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
PREÂMBULO	1
 PARTE I- “ROCHAS MAGMÁTICAS OU ÍGNEAS: AS SUAS FONTES E O CONTEXTO TECTÓNICO EM QUE SE INSEREM” - Enquadramento Científico da Atividade Desenvolvida.....	3
CAPÍTULO 1- ESTRUTURA INTERNA DA TERRA	5
CAPÍTULO 2- A DINÂMICA DO MANTO E A TECTÓNICA DE PLACAS	13
CAPÍTULO 3 – MAGMA: FORMAÇÃO E ASCENÇÃO	23
3.1. Propriedades gerais	23
3.2. Formação de magmas	26
3.3. Mecanismos de ascensão do magma	27
3.4. Tipos de magmas	29
CAPÍTULO 4- CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS MAGMÁTICAS.....	31
4.1. Classificação simplificada de campo	31
4.2. Classificação IUGS	32
4.3. Classificação dos Basaltos	36
CAPÍTULO 5 - RESERVATÓRIOS GEOQUÍMICOS DO MANTO	39
5.1. Sistemas isotópicos	39
5.2. Reservatórios geoquímicos do manto	44
5.2.1. Manto Empobrecido - <i>Depleted Mantle</i>	44
5.2.2. Manto Enriquecido - <i>Enriched Mantle</i>	45
5.2.3. PREMA – <i>Prevalent Mantle</i>	46
5.2.4. BSE - <i>Bulk Silicate Earth</i>	47
5.2.5. HIMU	47
CAPÍTULO 6- FONTES DAS ROCHAS MAGMÁTICAS NOS DIFERENTES CONTEXTOS TECTÓNICOS.....	51
6.1. Magmatismo intraplaca	51
6.1.1. Basaltos de ilhas oceânicas (OIB)	52
6.1.2. Largas Províncias Ígneas (LIPs)	56
6.2. Magmatismo em limites divergentes.....	59
6.3. Magmatismo em limites convergentes.....	65
6.3.1. Arcos insulares	66
6.3.2. Arcos continentais	70
6.3.3. Colisão continental	73
 PARTE II- APRESENTAÇÃO DE PROJETOS DESENVOLVIDOS E COMPETÊNCIAS ADQUIRIDAS	79

CAPÍTULO 7- TRABALHOS NO ÂMBITO CURRICULAR.....	81
7.1.Trabalhos de campo.....	82
7.2. Trabalhos laboratoriais/ experimentais	86
7.3. Outros trabalhos e atividades	91
CAPÍTULO 8- PROJETOS EDUCATIVOS	99
PARTE III- FORMAÇÃO	111
CAPÍTULO 9- FORMAÇÃO CONTÍNUA ACREDITADA	113
CAPÍTULO 10 - FORMAÇÃO CONTÍNUA NÃO ACREDITADA.....	115
CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS.....	129
ANEXOS.....	131
Anexo I. Saída de campo ao Arouca Geoparque: Planificação e Autorização	133
Anexo II. Saída de campo ao Arouca Geoparque: Partes representativas do Guia de campo do aluno	135
Anexo III. Visita de Estudo ao Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire – Pedreira do Galinha e Castelo de Leiria – Planificação	139
Anexo IV. Visita de Estudo ao Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire – Pedreira do Galinha e Castelo de Leiria – Flyer com a autorização.....	143
Anexo V. Visita de Estudo ao Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire – Pedreira do Galinha e Castelo de Leiria – Relatório da atividade	145
Anexo VI. Feira dos Minerais – Planificação	149
Anexo VII. Feira dos Minerais – Relatório da atividade.....	151
Anexo VIII. Semana da Ciência – Planificação	153
Anexo IX. Semana da Ciência – Certificado dos palestrantes	155
Anexo X. Semana da Ciência – Protocolos Experimentais de alguns dos ateliers da Feira da Ciência.....	157
Anexo XI. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Autorizações para os alunos participantes na caminhada “Dê PES ao seu Coração”	159
Anexo XII. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Relatório da Atividade “Dê PES ao seu Coração”	161
Anexo XIII. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Relatório da Atividade “Dia do 8º Aniversário do Agrupamento”	163
Anexo XIV. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Certificação como Formadora na Área da Educação para a Saúde	165

Anexo XV. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Planificação da Formação PRESSE	167
Anexo XVI. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Certificado de orientação da Ação de formação PRESSE para professores.....	171
Anexo XVII. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Planificação Dia Mundial da Luta contra a SIDA.....	173
Anexo XVIII. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Ação de Formação sobre Primeiros Socorros.....	175
Anexo XIX. Projeto de monitorização do Rio Neiva – Ficha de campo para a caracterização dos locais de colheita	177
Anexo XX. Projeto de monitorização do Rio Neiva – Caracterização de dois dos locais de colheita	179
Anexo XXI. Certificado da formação “Promoção e Educação para a Saúde – Oficina de Formação	181
Anexo XXII. Certificado da formação no “Programa Regional de Educação Sexual em Saúde Escolar –PRESSE”	183
Anexo XXIII. Certificado da formação “A vida das borboletas num habitat ribeirinho- Oficina de Formação”	185
Anexo XXIV. Certificado da formação “Tecnologias de comunicação multimédia”	187
Anexo XXV. Certificado da formação “Suporte Básico de Vida”	189
Anexo XXVI. Certificado da formação “Manuseamento de Extintores”	191
Anexo XXVII. Certificado da formação “Normas e Procedimentos de Atuação e Evacuação”	193
Anexo XXVIII. Certificado de participação no Workshop “Violência nas Relações de Intimidade: Compreender para Intervir”	195
Anexo XXIX. Certificado de participação no “Encontro Regional sobre a Aplicação da Educação Sexual nas Escolas”	197
Anexo XXX. Certificado de participação no “3º Encontro de Professores de Ciências Experimentais- Diálogos sobre Ciência”	199

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. A espessura das principais camadas do interior da Terra.....	8
Tabela 5.1. Caracterização dos diferentes reservatórios geoquímicos do manto.....	49
Tabela 6.1. Idades e dimensões dos maiores CFBs.....	56
Tabela 6.2. O magmatismo e os diferentes estádios do processo orogénico colisional.....	78
Tabela 9.1. Ações de formação acreditadas	113
Tabela 10.1. Ações de formação não acreditadas.....	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. A variação da velocidade das ondas sísmicas, densidade e pressão com a profundidade de acordo com o modelo PREM.....	6
Figura 1.2. Representação da Estrutura Interna da Terra.....	7
Figura 1.3. Representação comparativa dos dois modelos para a estrutura interna da Terra.....	9
Figura 2.1. As principais placas tectónicas à superfície do planeta.....	14
Figura 2.2. Representação esquemática de um limite divergente.....	15
Figura 2.3. Representação esquemática de um limite convergente.....	16
Figura 2.4. Representação esquemática de um limite transformante.....	17
Figura 2.5. Representação da vista em corte da cadeia vulcânica do Hawaii.....	19
Figura 2.6. Ciclo de Wilson na fase inicial, com desenvolvimento de uma estrutura em forma de estrela.....	21
Figura 3.1. Estrutura da sílica no estado sólido e no magma.....	25
Figura 4.1. Classificação das rochas ultramáficas baseada nas proporções de olivina (Ol), ortopiroxena (Opx) e clinopiroxena (Cpx).....	33
Figura 4.2. Classificação das rochas plutónicas máficas.....	34
Figura 4.3. Classificação das rochas plutónicas félsicas. Q: quartzo; A: feldspato alcalino; F: feldspatóides; P: plagioclase (%An > 5).....	35
Figura 4.4. Classificação TAS das rochas vulcânicas.....	36
Figura 5.1. Diagrama representativo da distribuição dos diferentes reservatórios do manto em função das razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ versus $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e ϵNd versus $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	44
Figura 5.2. Diagrama esquemático que ilustra um modelo explicativo para a origem do EMII.....	46
Figura 5.3. Ilustração esquemática do modelo proposto para a origem do reservatório HIMU.....	48
Figura 6.1. Mapa que apresenta a localização de ilhas oceânicas e a localização de planaltos oceânicos.....	51
Figura 6.2. Mapa que apresenta a localização das maiores CFB e a localização dos maiores riftes continentais.....	52
Figura 6.3. Modelo explicativo para o vulcanismo oceânico, nomeadamente para a origem dos OIB.....	54
Figura 6.4. Modelo explicativo para a origem dos OIB com base em processos de metassomatismo.....	55
Figura 6.5. Diagrama esquemático ilustrativo de possíveis modelos para a génese dos fluxos basálticos continentais (CFBs).....	58
Figura 6.6. Mapa representativo do sistema de riftes dos fundos oceânicos.....	59
Figura 6.7. Estratigrafia da sequência típica de um ofiolito.....	61

Figura 6.8. Representação esquemática da crosta oceânica baseada em dados recolhidos em ofiolitos.....	62
Figura 6.9. Modelo petrogenético para a formação de magmas MORB.....	65
Figura 6.10. Representação esquemática de um arco insular, com os principais elementos que o constituem.....	67
Figura 6.11. Modelo petrogenético do magmatismo associado aos arcos insulares.....	69
Figura 6.12. Modelo petrogenético do magmatismo associado aos arcos continentais.....	73
Figura 6.13. Representação esquemática dos tipos de orogénias.....	74
Figura 6.14. Sequência esquemática do processo de orogénia colisional e mecanismos de geração de magma.....	75
Figura 7.1. Diagrama que contempla as três tipologias de aulas práticas no Ensino das Ciências.....	81
Figura 7.2. Imagens recolhidas ao longo de uma saída de campo ao Geoparque de Arouca	84
Figura 7.3. Aspeto representativo do guia de campo elaborado para os alunos.....	84
Figura 7.4. Aspeto representativo do guia de campo elaborado para os alunos e imagens recolhidas durante o percurso realizado na Pedreira do Galinha.....	86
Figura 7.5. Protocolo experimental da simulação de uma erupção vulcânica efusiva e explosiva.....	87
Figura 7.6. Resultados do trabalho laboratorial na simulação de uma erupção vulcânica explosiva e de uma efusiva.....	87
Figura 7.7. Protocolo Experimental da atividade laboratorial que permite a separação de pigmentos fotossintéticos.....	87
Figura 7.8. Procedimentos e resultado da atividade laboratorial de separação de pigmentos fotossintéticos	87
Figura 7.9. Parte de um relatório (capa e resultados) da atividade laboratorial de observação do coração de vertebrados (rã, pargo e porco).....	88
Figura 7.10. Posters elaborados por uma aluna das atividades experimentais de dois processos de obtenção de energia- fermentação alcoólica e fermentação láctica.....	88
Figura 7.11. Parte de um relatório elaborado por alunos sobre uma atividade experimental realizada –avaliação da porosidade e permeabilidade de diferentes materiais geológicos.....	89
Figura 7.12. Alguns dos procedimentos e resultado da atividade laboratorial de extração de DNA de células vegetais.....	89
Figura 7.13. Alguns dos procedimentos e resultados da atividade experimental- A influência da acidificação na germinação e desenvolvimento das plantas.....	90

Figura 7.14. Imagens obtidas na realização de uma atividade laboratorial- Observação ao microscópio da gemulação em leveduras e a esporulação no bolor do pão (<i>Rhizopus stolonifer</i>).....	90
Figura 7.15. Imagens obtidas na realização de uma atividade laboratorial, na observação de células eucarióticas vegetais – epiderme interior das túnicas da cebola.....	91
Figura 7.16. Poster elaborado para divulgação da atividade “Feira de Minerais” junto de toda a comunidade escolar.....	92
Figura 7.17. Exemplo ilustrativo do “bilhete de identidade” que os alunos elaboraram para os minerais mais comuns.....	92
Figura 7.18. Imagens demonstrativas da participação ativa da comunidade escolar na atividade “Feira de Minerais”.....	93
Figura 7.19. Apresentação da peça de teatro “Micróbios” por alunos de uma turma de 7º ano, no âmbito da atividade “Semana da Ciência”.....	94
Figura 7.20. Realização de uma palestra sobre “Gestão Sustentável da Água” no âmbito da atividade “Semana da Ciência”.....	95
Figura 7.21. Realização de uma palestra intitulada “O Mistério do Cérebro”, no âmbito da atividade “Semana da Ciência”.....	95
Figura 7.22. Feira da Ciência, com diferentes ateliers, no âmbito da atividade “Semana da Ciência”.....	96
Figura 7.23. Apresentação de uma palestra sobre a qualidade da água, no âmbito da atividade “Semana da Ciência”.....	96
Figura 7.24. Imagens representativas da exposição realizada sobre cientistas portugueses, no âmbito da atividade “Semana da Ciência”.....	97
Figura 7.25. Trabalhos realizados no âmbito do estudo da transmissão de caracteres hereditários.....	97
Figura 8.1. Imagem representativa da folha de base do tabuleiro da cantina, elaborada para o dia mundial da alimentação.....	100
Figura 8.2. Alunos participantes na atividade “Pedalar com o PES”.....	101
Figura 8.3. T-shirt concebida pela equipa do Projeto, para oferecer aos alunos participantes na atividade “Pedalar com o PES”.....	101
Figura 8.4. Cartaz elaborado para a atividade “Dê PES ao seu coração” e elementos participantes da comunidade educativa.....	101
Figura 8.5. Atividades promovidas pelo PES para toda a comunidade educativa, na comemoração do dia do Agrupamento de Escolas de Airões.....	102

Figura 8.6. Cartaz de divulgação da dávida de sangue, promovida pela equipa PES em colaboração com o Instituto Português do Sangue.....	103
Figura 8.7. Dádiva de sangue a decorrer na Escola Básica e Secundária de Airões.....	103
Figura 8.8. Pintura do jogo da glória, subordinado ao tema VIH/SIDA, no âmbito do PES.....	104
Figura 8.9. Tertúlia sobre a inclusão, realizada no auditório da Escola Básica e Secundária de Airões, no âmbito do PES.....	104
Figura 8.10. Dinamização do gabinete de apoio ao aluno, criação e divulgação do <i>site</i> do PES.....	105
Figura 8.11. Painel alusivo à problemática do VIH/SIDA, atividade promovida pela equipa PES.....	106
Figura 8.12. Cartaz de divulgação do projeto “Charcos com Vida”	106
Figura 8.13. Pesquisa e adoção de um charco na Quinta do Mosteiro e colheita de amostras de água e de algumas espécies caraterísticas deste local, no âmbito do projeto “Charcos com Vida”	107
Figura 8.14. Dinamização de uma palestra por um investigador do CIBIO sobre a importância dos charcos.....	107
Figura 8.15. Observação, análise e identificação em laboratório de várias espécies animais e vegetais caraterísticas dos charcos.....	107
Figura 8.16. Construção de um charco no interior do recinto escolar.....	108
Figura 8.17. Poster sobre os principais macroinvertebrados que podem ser encontrados e identificados num charco, assim como a sua tolerância à poluição.....	109
Figura 8.18. Colheita de amostras de um dos locais monitorizados do Rio Neiva, no âmbito do Projeto de monitorização do Rio Neiva.....	110

PREÂMBULO

Um dos maiores desafios da geologia é decifrar os processos que ocorrem desde as zonas mais superficiais da Terra às mais profundas da crosta e manto, na maioria das situações, regiões às quais não é possível um acesso e observação diretos.

O estudo das rochas ígneas ou magmáticas reveste-se neste contexto de superior importância, pois constituem produtos de processos que têm início e evoluem a partir de zonas profundas do nosso planeta, como a fusão parcial de materiais sólidos e cristalização ou solidificação a partir dos líquidos resultantes dessa fusão (magma). Desta forma, providenciam importantes informações sobre a composição química e mineralógica do interior da Terra. O estudo destas rochas conduz os geólogos a responderem a determinadas questões, nomeadamente:

- Como e porque é que as rochas fundem no interior da Terra?
- Que mudanças ocorrem no magma durante o seu percurso até à superfície?
- Que fenómenos são responsáveis pela existência de uma tão grande variedade de rochas magmáticas?
- Em que contextos tectónicos se instalam os magmas e quais as suas fontes?

No que concerne à integração do estudo das rochas magmáticas nos currículos dos alunos do ensino básico e secundário, verifica-se ao nível da disciplina de Ciências Naturais de 7º ano e na disciplina de Biologia e Geologia de 10º e 11º anos. O estudo mais aprofundado é feito no 11º ano e é aqui que surge uma relação entre os magmas gerados e os diferentes contextos tectónicos, tendo sido a curiosidade e a necessidade de aprofundar o conhecimento acerca deste conteúdo, um dos motivos que me conduziu à escolha do tema “Rochas magmáticas ou ígneas: as suas fontes e o contexto tectónico em que se inserem” para o enquadramento científico deste relatório.

Pelo exposto, a primeira parte deste relatório será dedicada ao tema acima mencionado, a segunda parte tem por base o trabalho desenvolvido como docente, concretamente na dinamização de atividades e projetos educativos, que visaram enriquecer o processo de aprendizagem dos alunos e na terceira parte encontra-se a formação contínua realizada ao longo do desempenho da minha atividade profissional.

PARTE I- “ROCHAS MAGMÁTICAS OU ÍGNEAS: AS SUAS FONTES E O CONTEXTO TECTÓNICO EM QUE SE INSEREM”

Enquadramento Científico da Atividade Desenvolvida

CAPÍTULO 1- ESTRUTURA INTERNA DA TERRA

O interior da Terra é largamente inacessível, sendo que a perfuração mais profunda realizada até hoje, na província de Kola (Rússia) atingiu, apenas, aproximadamente 12 Km, cerca de 0,2% do raio da Terra. Assim, grande parte do conhecimento obtido até hoje é baseado em inferências feitas a partir de uma ampla variedade de dados científicos. Estes dados incluem a composição química de meteoritos, a composição química de rochas que ocorrem na crosta da Terra, observações geofísicas relativas à densidade da Terra e à velocidade de propagação das ondas sísmicas e estudos laboratoriais sobre as propriedades dos materiais a elevadas pressões e temperaturas (Karato & Ohtani, 1993).

A Terra apresenta a forma de um geoide com um leve achatamento nos pólos, o que contribui para o seu menor raio polar comparativamente com o equatorial. A densidade média da Terra é significativamente maior que a densidade das rochas à superfície, sugerindo que deve aumentar consideravelmente com a profundidade.

Estrutura da Terra

A informação mais detalhada sobre a variação das propriedades físicas e composição química da Terra com a profundidade, provém do estudo da propagação das ondas elásticas através do seu interior, contribuindo para a elaboração de um modelo para a estrutura interna da Terra. Quando as rochas sofrem a ação de forças que superam a sua resistência levando à sua rutura, a energia elástica armazenada é libertada instantaneamente, propagando-se em todas as direções, sob a forma de ondas sísmicas.

As vibrações da Terra causadas por sismos ou explosões artificiais, são registadas em sismogramas. O estudo destes registos, obtidos em diferentes estações sismográficas, permite estimar a variação das propriedades das ondas sísmicas e da densidade, com a profundidade.

Na figura 1.1. está representado um modelo da Terra, baseado na densidade e variação da velocidade das ondas sísmicas com a profundidade e é conhecido por modelo PREM(*Preliminary Reference Earth Model*). Este modelo indica que o interior da Terra está, basicamente, dividido em três camadas: crosta, manto e núcleo. Tendo sido obtido este modelo, é possível inferir a constituição interna da Terra, por comparação com dados

obtidos em laboratório, com a ajuda do conhecimento das propriedades físicas dos materiais sujeitos a elevadas pressões e temperaturas (Karato & Ohtani, 1993) e o contributo da composição dos meteoritos, contemporâneos da formação da Terra e do sistema solar.

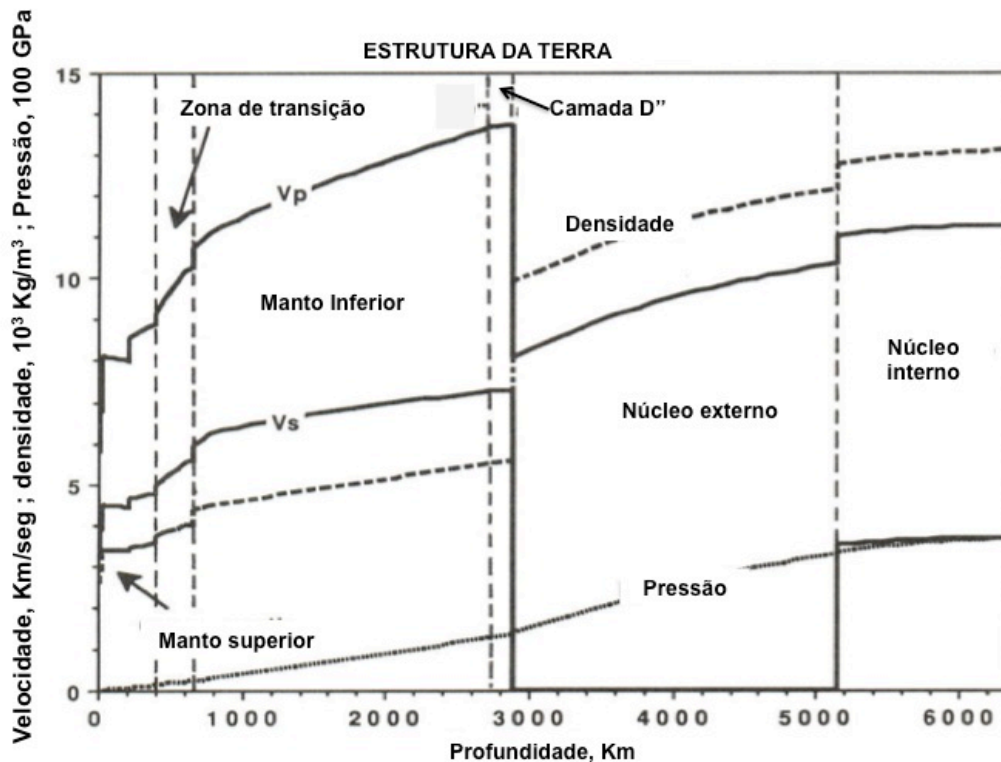


Fig. 1.1. A variação da velocidade das ondas sísmicas, densidade e pressão com a profundidade de acordo com o modelo PREM (adaptado de Karato & Ohtani, 1993).

Quando ocorrem sismos de maiores magnitudes e as ondas sísmicas percorrem o interior da Terra, estas são refratadas ou refletidas, à medida que encontram camadas com diferentes propriedades físicas. O limite entre estas camadas é chamado de descontinuidade sísmica. Mohorovicic, aquando do sismo de 8 de Outubro de 1909 na Croácia, constatou a existência de uma superfície de descontinuidade a cerca de 50 Km de profundidade que separava um meio superficial no qual as ondas sísmicas se deslocavam a fraca velocidade de uma zona mais profunda, onde a velocidade das ondas era superior. Esta ficou conhecida por descontinuidade de Mohorovicic ou Moho. Gutenberg descobriu uma outra descontinuidade a cerca de 2900 Km de profundidade, que encerrava uma matéria de

elevada densidade. Distinguiu-se assim um núcleo central do manto (Dercourt & Paquet, 1986).

Com base nas descontinuidades sísmicas, no conhecimento das rochas da crosta, densidade das rochas, magnetismo terrestre e composição dos meteoritos são reconhecidas as seguintes camadas: um núcleo interno sólido no centro da Terra, envolvido por um núcleo externo no estado líquido (as ondas S não se propagam nesta zona); um manto sólido e uma camada exterior de reduzida espessura, chamada de crosta (Fig. 1.2.). Uma camada com espessura que poderá estar compreendida entre os 200 Km e os 400 Km, ocorre na transição entre o manto e o núcleo. Esta camada é designada de camada D''. Verifica-se que o manto também apresenta zonas distintas. Com particular importância encontra-se a zona de transição, que ocorre entre os 400 Km e os 670 Km, dividindo o manto numa parte menos profunda, o manto superior e uma que se encontra a maior profundidade, o manto inferior. É geralmente aceite que o manto superior e inferior apresentam composições diferentes. A crosta que constitui a parte dos continentes é consideravelmente mais espessa e clara, sendo mais rica em sílica, sódio e potássio, comparativamente com a crosta oceânica (Sen, 2014).

A informação sobre a espessura de cada uma das camadas encontra-se na tabela 1.1.

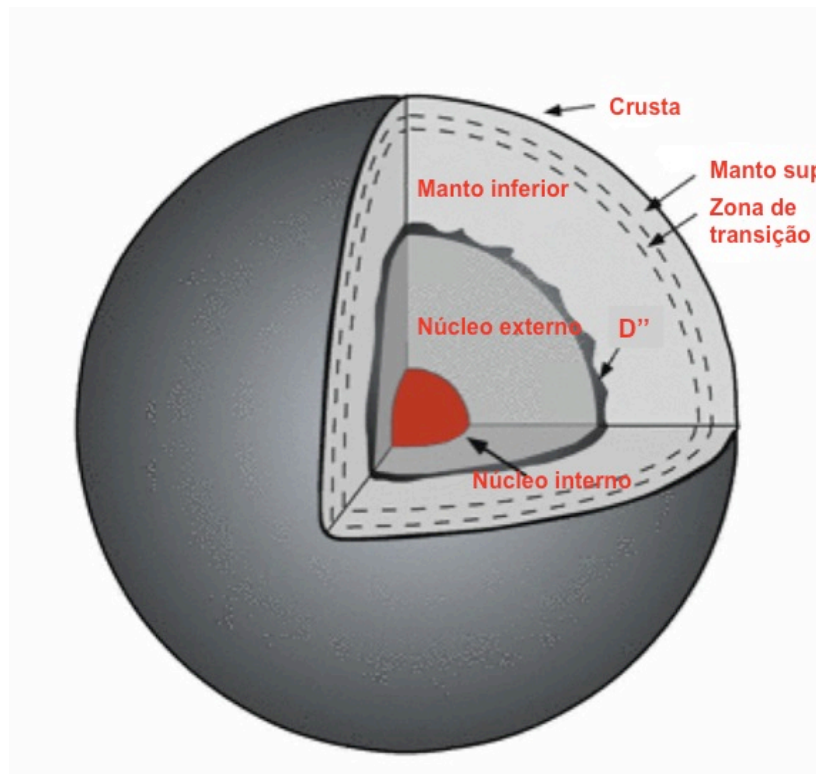


Fig. 1.2. Representação da Estrutura interna da Terra (adaptado de Sen, 2014).

Tabela 1.1. A espessura das principais camadas do interior da Terra (adaptado de Sen, 2014)

Crusta oceânica	6-8 Km
Crusta continental	35-45 Km
Manto superior	392 Km sob as bacias oceânicas e 360 Km sob as zonas continentais
Zona de transição	260 Km
Manto inferior	2.331 Km
Camada D''	200-400 Km
Núcleo externo	2.159 Km
Núcleo interno	1.215 Km

Tendo em conta o comportamento reológico dos materiais do interior da Terra, a estrutura interna da Terra é representada em cinco regiões: litosfera, astenosfera, mesosfera, endosfera externa e endosfera interna.

A litosfera engloba a crosta e parte do manto superior, constituindo-se numa camada rígida. Está dividida em placas que se movem umas relativamente às outras. A base da litosfera e o topo da região que se segue é marcada por uma diminuição das ondas sísmicas P e S, cerca dos 100 Km de profundidade. A astenosfera apresenta um comportamento plástico, sendo constituída por material quente semifluido, em que uma fracção resulta da fusão parcial de material do manto, geralmente em resposta à menor pressão (profundidade) durante a ascensão dos materiais ou a um aumento local de temperatura. O limite entre a astenosfera e a mesosfera, camada rígida que constitui a parte mais profunda do manto, é marcado por um aumento abrupto da velocidade das ondas sísmicas, a uma profundidade cerca dos 400 Km (Jain S., 2014). O efeito das elevadas pressões faz com que os materiais estejam no estado sólido. A endosfera corresponde ao núcleo, podendo ser dividida em endosfera externa, que se encontra no estado líquido e endosfera interna, no estado sólido.

Na figura 1.3. encontra-se uma comparação entre os dois modelos para a estrutura interna da Terra. O modelo baseado na composição das diferentes camadas do interior da Terra e aquele que se baseia nas suas propriedades mecânicas.

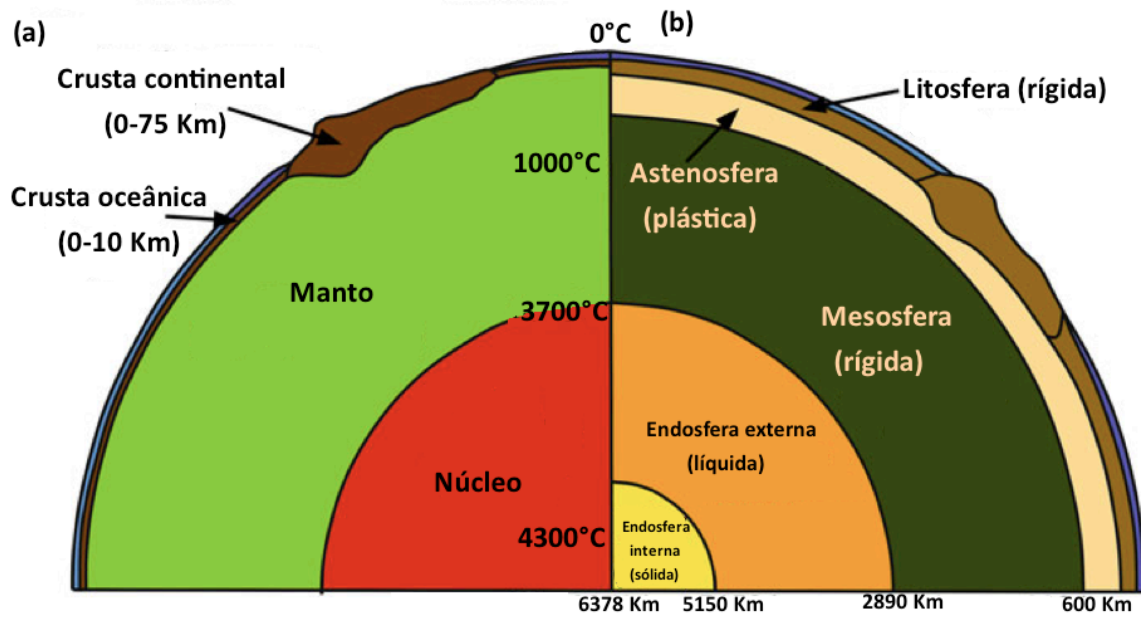


Fig. 1.3. Representação comparativa dos dois modelos para a estrutura interna da Terra. Em (a) apresenta-se o modelo baseado na composição química dos materiais e em (b) o modelo que se baseia nas propriedades mecânicas (adaptado de Jain S., 2014).

A Composição da Terra

A Crusta

A crosta é a camada mais superficial, sendo que nas regiões oceânicas é consideravelmente menos espessa e com uma menor variação de espessura comparativamente com a crosta continental.

Para o conhecimento da estrutura e composição da crosta oceânica contribuiu o estudo de ofiolitos, que se assume serem fragmentos de crosta oceânica e parte do manto superior, que se encontram em zonas continentais, como resultado de movimentos tectónicos e que serão abordados em pormenor no capítulo 6.

A crosta oceânica é constituída por sedimentos, cuja composição química é essencialmente CaCO_3 e SiO_2 , sob os quais se encontra uma camada basáltica, formada nas zonas de rifte dos fundos oceânicos, resultado da fusão parcial de rochas do manto (Karato & Ohtani, 1993).

A crosta continental, segundo um modelo simples, pode ser dividida em duas camadas: a crosta continental superior e inferior. A parte superior é, maioritariamente, constituída por rochas ricas em sílica, como os granitóides, sendo os principais minerais o quartzo (SiO_2), feldspatos alcalinos ($(\text{K}, \text{Na}) \text{AlSi}_3\text{O}_8$), biotite ($\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3 (\text{AlSi}_3\text{O}_{10} (\text{OH})_2$) e

hornblenda ($\text{Ca}_2 (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5 (\text{Si}, \text{Al})_8 \text{O}_{22} (\text{OH})_2$). A parte inferior é composta por rochas meta-ígneas mais máficas, ou seja mais ricas em FeO e MgO, como gabros, quartzogabros e granulitos máficos (e anfibolitos no caso de uma crosta mais hidratada), que têm como maiores constituintes os seguintes minerais: feldspatos ricos em cálcio, piroxenas ($(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca})\text{SiO}_3$), hornblenda e anfíbolos ($(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca}, \text{Na})_{2-3} (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5 (\text{Si}, \text{Al})_8 \text{O}_{22} (\text{OH})_2$) (Karato & Ohtani, 1993).

O Manto

No manto devem considerar-se três camadas: o manto superior, a zona de transição e o manto inferior.

Os dados existentes mostram que os minerais mais abundantes no manto superior são a olivina ($(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$), piroxenas ($(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca})\text{SiO}_3$) e granadas ($(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca})_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$). Entre estes a olivina é o predominante. O topo do manto superior faz parte da litosfera (que engloba também a crosta) e é caracterizado por uma grande rigidez e alta velocidade das ondas sísmicas. A camada que se encontra por baixo da litosfera é conhecida por astenosfera, apresentando uma considerável diminuição da velocidade das ondas sísmicas, uma baixa rigidez e elevada condutividade elétrica, indicativas da existência de temperaturas elevadas. Uma importante questão associada à astenosfera é se esta representa ou não uma camada de fusão parcial das rochas. Foi considerado que as anomalias geofísicas detetadas nesta zona resultariam da fusão parcial dos materiais. No entanto, estudos posteriores mostram que as temperaturas elevadas são suficientes para causar estas anomalias. A fusão parcial pode não ser um fenómeno à escala global na astenosfera, mas algo localizado em zonas de maior vulcanismo (Karato & Ohtani, 1993).

A zona de transição situa-se aproximadamente entre os 400 Km e os 670 Km e regista um aumento ao nível da velocidade das ondas sísmicas e da densidade, sendo estas variações bastante significativas. Estas características têm sido atribuídas, essencialmente, a transformações que os minerais sofrem quando sujeitos às condições de pressão e temperatura existentes nesta zona (Karato & Ohtani, 1993).

Em alguns minerais os átomos podem ser reagrupados numa forma mais compacta, ou seja, o mineral pode recrystalizar sob a forma de estruturas cristalinas diferentes e mais densas. Esta propriedade, polimorfismo, está presente em minerais do manto (Gass *et al*,

1984). Como exemplo, pode referir-se a olivina com $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) \sim 0,1$ que dá origem à espinela (400-670 Km) com posterior transformação em perovskite $((\text{Mg}, \text{Fe}) \text{SiO}_3)$ e magnesiowüstite $((\text{Mg}, \text{Fe})\text{O})$ (Karato & Ohtani, 1993). O aumento da densidade resultante da transformação em espinela é aproximadamente de 8%. Um outro exemplo é a transformação da piroxena numa estrutura mais densa análoga à do corindo (Al_2O_3), sendo que o aumento de densidade daí resultante é de cerca de 10% (Gass *et al.*, 1984).

O manto inferior é composto maioritariamente por perovskite e magnesiowüstite. A quantidade de magnesiowüstite não está bem definida e estará compreendida numa proporção que variará entre os 0% e os 20%. A perovskite será o mineral mais abundante na Terra, com uma proporção entre os 40% e 50% (Karato & Ohtani, 1993).

A camada D'' situa-se na base do manto inferior, tendo uma espessura que varia entre os 200 Km e os 400 Km. Nas últimas décadas um maior conhecimento sobre a estrutura desta camada, demonstrou uma grande heterogeneidade em termos de estrutura térmica, composicional, propriedades mecânicas etc., apresentando-se assim muito mais complexa do que se pensava. É referida atualmente como a região CMB (*Core-Mantle Boundary*). Estudos científicos na área da sismologia e conhecimentos obtidos através de experiências com o mineral perovskite, sujeito a um regime de pressões e temperaturas que se pensa existirem nesta zona revelaram que: a perovskite sofre transformações passando a uma nova fase designada de pós-perovskite; há grandes variações laterais e verticais na velocidade das ondas sísmicas e na densidade; a anisotropia na velocidade das ondas sísmicas indica um fluxo lateral no interior da CMB e um fluxo vertical nas zonas de plumas térmicas. Esta zona tem-se revelado importante para o entendimento dos movimentos de convecção no manto e núcleo, constituindo-se como o limite térmico mais profundo do manto e controlando a quantidade de calor proveniente do núcleo externo (Manglik, 2010).

Num estudo publicado na revista *Nature Geoscience*, a 23 de Março de 2015, foi sugerida a existência de uma camada no manto inferior, até aqui desconhecida. Os investigadores recorreram a técnicas de laboratório para sujeitar os minerais ferropericlase (magnesiowüstite) e bridgmanite (perovskite) a pressões características desta zona.

Descobriram que a rigidez do mineral ferropericlase a 660 Km de profundidade começa a aumentar, triplicando o seu valor quando se atingem pressões equivalentes às que se fazem sentir a 1500 Km. Ao acrescentarem à ferropericlase a bridgmanite, verificaram

que a rigidez a 1500 Km é 300 vezes superior à encontrada a 660 Km, que corresponde ao limite com a zona de transição, ou seja, à parte menos profunda do manto inferior.

O Dr. Miyagi, um dos responsáveis pelo estudo, referiu que este aumento na rigidez, parece ser capaz de fazer com que porções das placas tectónicas que subductam fiquem como que aprisionadas, pelo menos temporariamente, a uma profundidade próxima dos 1500 Km. De facto, imagens obtidas pela sismologia mostram que várias placas parecem “flutuar” próximo dos 1500 Km, incluindo sob a Indonésia e costa pacífica da América do Sul.

A descoberta poderá explicar a origem de alguns sismos mais profundos e a razão pela qual o magma expelido ao nível dos riftes dos fundos oceânicos são distintos quimicamente dos magmas que dão origem à formação de ilhas vulcânicas como o *Hawaii*.

O Núcleo

O núcleo está dividido em duas partes: o núcleo externo e o núcleo interno. Como já havia sido referido anteriormente, a parte mais exterior do núcleo deve encontrar-se no estado líquido, visto não permitir a propagação das ondas S, ao contrário do que acontece no núcleo interno. A transição entre as duas partes do núcleo também é marcada pelo rápido aumento da velocidade das ondas P.

O limite entre o manto e o núcleo traduz uma mudança significativa no valor da densidade que varia entre $5.5 \times 10^3 \text{ Kg m}^{-3}$ no manto e aproximadamente 10^4 Kg m^{-3} no núcleo (Gass *et al.*, 1984). Tendo em conta estes valores de densidade, acredita-se que o maior constituinte do núcleo seja o ferro. Esta suposição baseia-se na comparação da composição química do manto e da crosta com a abundância de elementos no Sol, em analogias com a constituição de meteoritos e tendo em consideração as condições prováveis existentes durante a formação da Terra.

O núcleo externo apresenta uma densidade inferior à do ferro em estado de fusão, sendo necessária a presença de outros elementos menos densos, como o oxigénio, hidrogénio, carbono, silício e enxofre. Não existe consenso sobre qual destes elementos será dominante. O núcleo interno apresenta uma densidade próxima da densidade do ferro associado a algum níquel (Karato & Ohtani, 1993).

CAPÍTULO 2- A DINÂMICA DO MANTO E A TECTÓNICA DE PLACAS

No final dos anos 30, seguindo as ideias lançadas por Alfred Wegener na Teoria da Deriva dos Continentes, foram propostos vários mecanismos para explicar o aparente movimento da superfície da Terra. Artur Holmes entre outros, colocaram a hipótese de que a convecção térmica no manto fornece a força necessária para mover os continentes. Embora tenha sido abandonada a Teoria da Deriva dos Continentes, para surgir anos mais tarde na forma de Teoria da Tectónica de Placas, a convecção no manto continua a acreditar-se ser o mecanismo responsável pelos movimentos que ocorrem à superfície do planeta (Bercovici *et al.*, 2000).

O calor interno da Terra resulta do calor acumulado durante os processos de acreção e formação da Terra, assim como do decaimento radioativo ao longo do tempo de elementos como K, U e Th. A Terra seria bastante mais quente no passado, tendo arrefecido ao longo dos milhões de anos da sua história.

Existem poucas dúvidas de que a energia necessária para o movimento das placas tectónicas e fenómenos que lhe estão associados, como vulcões e sismos, resulta da transferência de calor do manto para a superfície através do mecanismo de convecção (Bercovici *et al.*, 2000). Assim à medida que o material aquece na base do manto, a cerca de 2900 Km da superfície, expande ligeiramente, torna-se menos denso e sobe. No topo do manto, próximo da superfície, este material arrefece e torna-se mais denso, afundando de volta a zonas mais profundas do manto. Este movimento é semelhante ao que ocorre numa panela de sopa no fogão, no entanto tendo em conta que o manto tem uma viscosidade muito superior, move-se a uma taxa de apenas alguns milímetros a alguns centímetros por ano, comportando-se como um material plástico (Perfit & Davidson, 2000). Este modelo simples, torna-se mais complexo pela existência da litosfera que está dividida em diversos fragmentos, as placas tectónicas. As placas movem-se umas relativamente às outras e relativamente ao manto em convecção, que se encontra por baixo. A base da litosfera movimenta-se assim sobre a astenosfera, que se encontra a uma temperatura próxima da temperatura de fusão dos materiais. Consequentemente, algumas zonas da astenosfera estão parcialmente fundidas (descompressão dos materiais em ascensão em associação com gradiente geotérmico mais elevado devido ao fluxo térmico das correntes de convecção)

enquanto que a maior parte está no estado sólido. Isto conduz a um aparente paradoxo - o manto flui, por convecção, apesar do seu estado físico ser largamente sólido. Para os geofísicos o manto sólido pode ser considerado como um fluido de elevada viscosidade (Perfit & Davidson, 2000).

O número e a forma das placas tectónicas sofreram alterações ao longo do tempo geológico e como exemplo pode ter-se em conta que, há cerca de 250 M.a., todos os continentes formavam uma única massa continental, à qual foi dado o nome de *Pangea*. Este único continente ter-se-á dividido em várias placas de menores dimensões e cada uma delas foi sofrendo alterações devidas aos processos tectónicos. Atualmente, a litosfera encontra-se dividida em oito placas de maiores dimensões e diversas de menores dimensões (Fig. 2.1.).

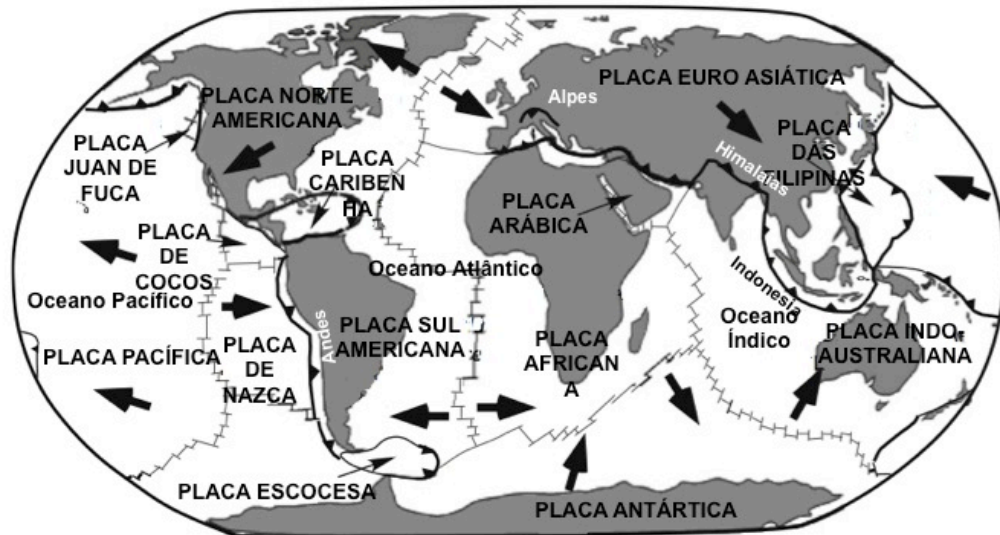


Fig. 2.1. As principais placas tectónicas à superfície do planeta (adaptado de Sen, 2014).

Limites entre as placas tectónicas

Existem três tipos de limites entre as placas: divergentes, convergentes e transformantes.

Limites divergentes

Ao longo deste tipo de limite, as placas movem-se em sentidos opostos, enquanto é formada nova litosfera oceânica por magmas provenientes da astenosfera, manto inferior nalguns casos, e expelidos ao nível dos riftes (Fig. 2.2.). O melhor exemplo deste tipo de

limite é o sistema de riftes do fundo dos oceanos, com uma extensão de cerca de 65.000 Km.

A taxa de expansão do fundo dos oceanos, em consequência da formação de nova crosta oceânica, para cada um dos lados do eixo do rifte, pode variar consideravelmente de um oceano para outro e mesmo de um lado para o outro do mesmo rifte. Uma taxa de 11 cm por ano é considerada bastante elevada, enquanto que 1 cm por ano é muito baixa (Sen, 2014). As maiores diferenças na morfologia e estrutura das zonas de rifte estão relacionadas com estas taxas de expansão. Os limites divergentes com uma taxa de expansão baixa, com uma fraca atividade vulcânica, são dominados por falhas, enquanto que os limites divergentes com taxas de expansão mais altas, são influenciados, predominantemente, pelos fenómenos de vulcanismo que aí se verificam.

O balanço entre o volume de rochas vulcânicas e rochas plutónicas que se formam nas cristas médio oceânicas tem sido difícil de definir. No entanto, o conhecimento que existe leva a crer que a maioria da crosta oceânica formada, deve-se a um maior volume de rochas plutónicas. A proporção de rochas extrusivas para rochas intrusivas na constituição da crosta oceânica é, aproximadamente, de 1:7 (Perfit & Davidson, 2000).

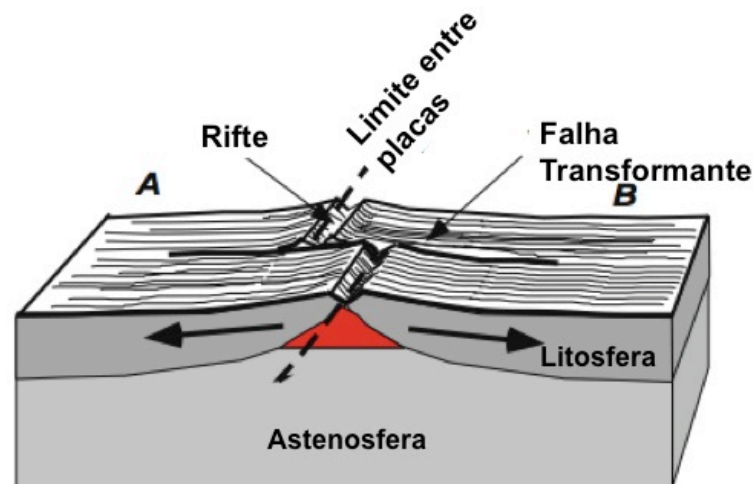


Fig. 2.2. Representação esquemática de um limite divergente, em que duas placas (A e B) se afastam a partir do eixo do rifte (adaptado de Sen, 2014).

Limites convergentes

Este tipo de limite é caracterizado pela convergência de duas placas tectónicas, em que uma sofre subducção podendo ser reabsorvida total ou parcialmente pelo manto (Fig. 2.3.).

Na convergência de uma placa oceânica com uma placa continental é sempre a placa oceânica que subducta, dado que a litosfera continental é menos densa que a oceânica. A subducção da placa de Nazca sob a placa Sul Americana constitui-se num exemplo desta situação. No caso da convergência entre duas placas continentais, uma das placas desliza sobre a outra, mas como as densidades são semelhantes, resulta uma enorme massa continental. Os Himalaias formaram-se durante a colisão da placa Indiana com a placa Euroasiática.

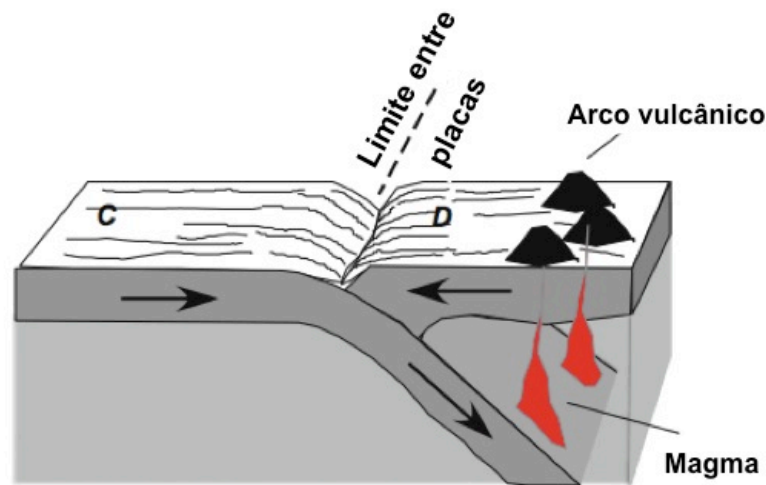


Fig. 2.3. Representação esquemática de um limite convergente, em que duas placas oceânicas (C e D) convergem. A placa C está a subductar sob a placa D. A produção de magma acima da zona de subducção dá origem à formação de um arco vulcânico insular (adaptado de Sen, 2014).

Limites transformantes

As placas movem-se lateralmente uma relativamente à outra. Estes limites são típicos das bacias oceânicas onde o eixo dos riftes não é contínuo, sendo intersetado por uma série de falhas transformantes (Fig. 2.4.). Estas falhas desenvolvem-se devido à curvatura da superfície do planeta e à diferente taxa de expansão para cada um dos lados do eixo do rifte (Sen, 2014).

Uma falha transformante, situada em zona continental, é a Falha de Santo André na Califórnia, em que a placa Pacífica desliza ao longo da placa Norte Americana.

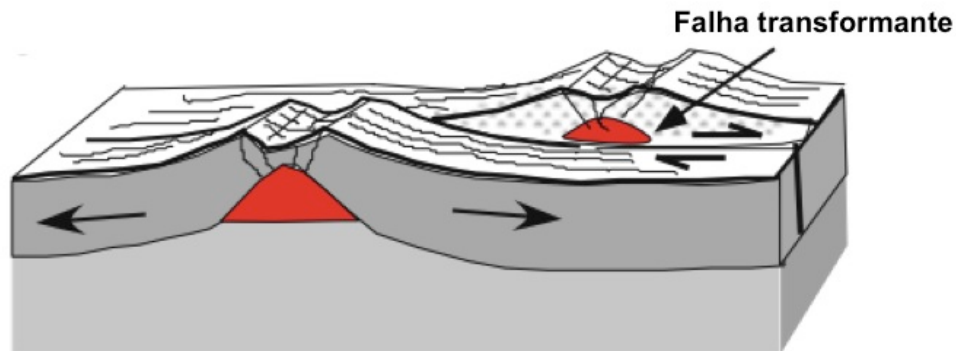


Fig. 2.4. Representação esquemática de um limite transformante, em que duas placas deslizam lateralmente, uma em relação à outra (adaptado de Sen, 2014).

A convecção no manto e o movimento das placas tectónicas

Um dos primeiros investigadores da convecção térmica em fluidos foi Lord Rayleigh. Ele mostrou que, quando uma camada de fluido é aquecida na parte inferior, a diferença de temperatura entre as partes inferior e superior da camada pode tornar-se tão grande que o fluido se torna instável, e em vez do calor ser transferido de baixo para cima por condução é o próprio fluido que se começa a mover, o fluido mais quente desloca-se do fundo para cima e o fluido mais frio de cima para baixo. Este movimento ocorre normalmente com o desenvolvimento de circuitos regulares de fluxo, conhecidos por células de convecção. Rayleigh mostrou que a estabilidade da situação era afetada por vários parâmetros como a espessura e viscosidade da camada fluida, utilizando-os para estabelecer um critério de estabilidade conhecido por número de Rayleigh, R . Para um valor crítico de R , um sistema torna-se instável e a convecção inicia-se (Gass *et al.*, 1984).

A crosta e o manto estão em quase toda a parte sólidos e abaixo da temperatura de fusão. Os movimentos de material que ocorrem em larga escala no manto faz parecer que se trata de um sólido, que se comporta como um fluido. As ocorrências, talvez mais comuns, de um fluxo cristalino no estado sólido é a do gelo num glaciar (Gass *et al.*, 1984) ou de domos salinos.

No sentido de haver um conhecimento sobre o contributo da ascensão de material no manto para o movimento das placas tectónicas, têm sido realizados alguns estudos. Steiner & Conrad (2007), através da utilização de um modelo numérico de simulação do fluxo de material no manto, combinando o fluxo ascendente e descendente de material,

tentaram prever os movimentos atuais das placas tectónicas. Obtiveram resultados que sugerem que o fluxo ascendente de material no manto não contribui de forma significativa para as forças que permitem o movimento das placas tectónicas. Ao invés, descobriram que o fluxo descendente de material associado ao afundamento de porções das placas tectónicas nas zonas de subducção, é significativamente mais relevante.

Hotspots e plumas mantélicas

Há várias áreas no nosso planeta com vulcanismo ativo, que não se situam no limite de placas tectónicas e que não é explicado pela teoria da tectónica de placas. Um dos exemplos é a *Big Island* no *Hawaii*, situada no meio da placa Pacífica, onde os vulcões Kilauea e Mauna Loa têm expelido grandes quantidades de lava basáltica (Fig. 2.5.). Os 6000 Km ao longo da cadeia vulcânica *Hawaiian-Emperor*, constitui-se num alinhamento de cerca de 100 vulcões, com idades progressivamente superiores, formados durante os últimos 80 M.a., à medida que a placa Pacífica se foi movimentando. Em 1963, Tuzo Wilson propôs que esta cadeia vulcânica foi resultado das correntes de convecção no manto e em 1971 Jason Morgan sugeriu que os hotspots são uma expressão mais superficial da ascensão de plumas provenientes de zonas do manto inferior (Farnetani & Hofmann, 2011).

As plumas mantélicas podem ser definidas como correntes ascendentes de material rochoso sólido, quente e menos denso que o material envolvente (Farnetani & Hofmann, 2011).

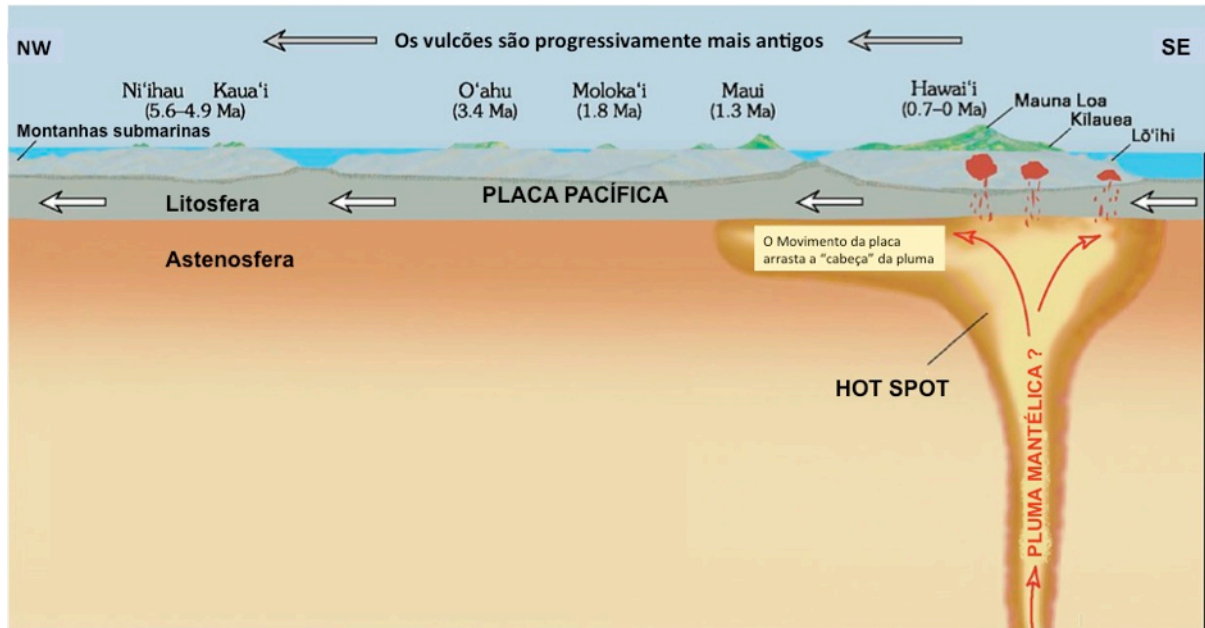


Fig. 2.5. Representação da vista em corte da cadeia vulcânica do *Hawaii*, mostrando a presumível pluma mantélica, que “alimentou” o hotspot ao longo de M.a., permitindo a formação da cadeia vulcânica. Os vulcões são progressivamente mais antigos de Sudeste para Noroeste (adaptado de <http://geology.com/usgs/hawaiian-hot-spot/>).

Os hotspots surgem geralmente associados a um conjunto de aspetos, nomeadamente à formação de uma cadeia vulcânica, com um alinhamento consistente com o movimento das placas tectónicas e à formação de largas províncias ígneas (LIP's) em que os basaltos formados, são geoquimicamente distintos e apresentam uma maior diversidade do que os basaltos das cristas médio oceânicas. Relativamente à sua distribuição, os dados mais recentes, indicam que o seu número varia entre 45 e 70, situando-se a maioria nos oceanos. Esta situação tem três razões prováveis, o facto da ascensão de uma pluma ser capaz de enfraquecer a litosfera e provocar a fraturação continental (a atividade vulcânica de uma pluma que se situa na Islândia terá provocado a abertura de um rifte a nível continental e após alguns M.a., o surgimento de um processo de expansão oceânica), a diferença de espessura da litosfera oceânica e continental e por último os movimentos de convecção descendentes que ocorrem sob os continentes, onde é improvável a ascensão de plumas térmicas (Farnetani & Hofmann, 2011).

O Ciclo de Wilson

J. Tuzo Wilson, um geólogo canadiano, criou uma hipótese unificadora que relaciona a atividade ao nível das plumas mantélicas, a expansão dos fundos oceânicos e processos de subducção, que ficou conhecida como ciclo de Wilson. O ciclo inicia-se com a fragmentação de uma placa continental, por ação de uma pluma ou hotspot. A fragmentação conduz à formação de uma zona de rifte, com a forma de uma estrela de três braços. A atividade vulcânica e a continuação do processo de abertura do rifte leva a que haja a formação de uma nova bacia oceânica. Neste processo o “terceiro braço da estrela” não se desenvolve. A formação do sistema de rifte da Etiópia, Mar Vermelho e Golfo de Aden é normalmente citado como um excelente exemplo desta primeira etapa do ciclo de Wilson. O Mar Vermelho e o Golfo de Aden representam estádios iniciais de formação de um oceano, pela separação das placas Arábica e da Núbia e placas Arábica e Africana, respetivamente. O sistema do rifte continental Este-Africano, que está associado à existência de uma falha normal ativa, atividade sísmica e vulcânica, supõe-se ser o “braço da estrela” que falhou o seu desenvolvimento, segundo este modelo. A região triangular, onde os três sistemas de rifte convergem é conhecida por triângulo de Afar. Presumivelmente, corresponderá ao local onde a pluma provocou o primeiro impacto, iniciando o ciclo. À medida que as placas oceânicas se afastam, arrefecem e ficam mais espessas e densas. A determinada altura, a litosfera oceânica torna-se suficientemente densa que quebra e subducta e tem início um regime compressivo. Este processo pode juntar dois continentes, podendo em última instância resultar na colisão dos continentes e formação de cadeias montanhosas, tornando dois continentes num só, podendo no futuro iniciar-se um novo ciclo (Sen, 2014).

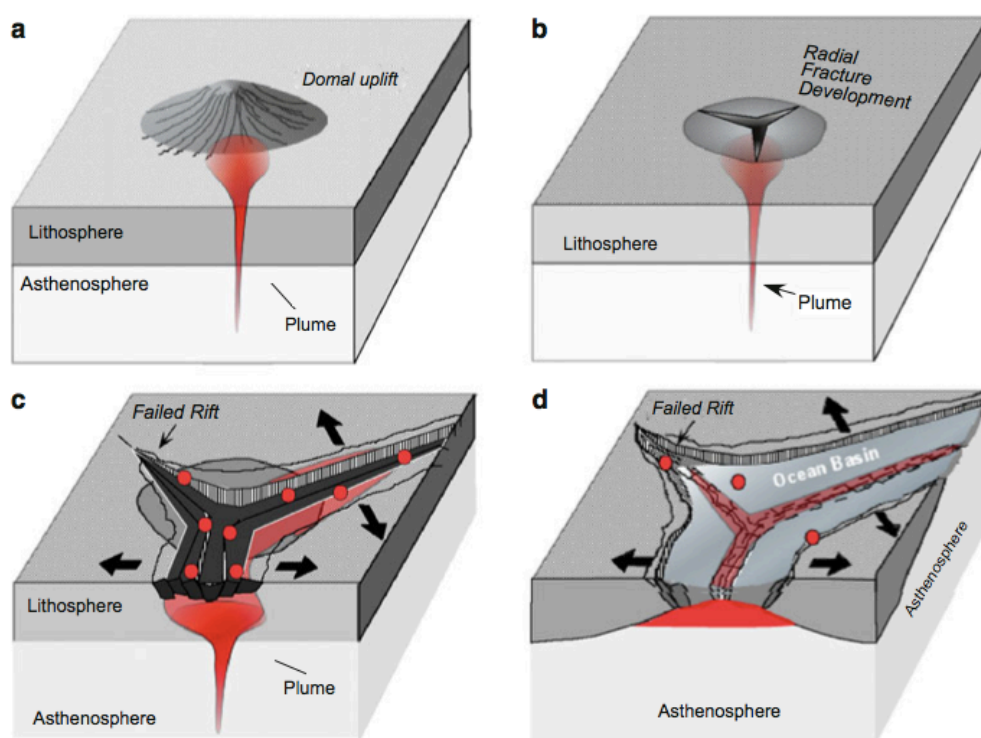


Fig. 2.6. Ciclo de Wilson na fase inicial, com desenvolvimento de uma estrutura em forma de estrela (Sen, 2014).

CAPÍTULO 3 – MAGMA: FORMAÇÃO E ASCENÇÃO

3.1. Propriedades gerais

O Magma não é apenas um simples fluido, mas uma mistura complexa de líquido, materiais sólidos (minerais e rochas) e gases dissolvidos ou não. A composição química e as suas propriedades físicas, como a viscosidade e a densidade são fatores importantes que determinam o seu comportamento, nomeadamente, a velocidade de deslocamento, o tipo de erupção vulcânica a que poderá dar origem e a textura e mineralogia das rochas formadas a partir desse magma.

Composição Química

Com exceção do magma que origina os carbonatitos, rochas ricas em minerais carbonatados, os magmas são silicatados, sendo a sílica (SiO_2) o componente mais abundante. A alumina (Al_2O_3) é também um componente comum, cuja percentagem varia entre os 13% e os 18% (Sen, 2014).

Os elementos maiores e menores na composição de um magma são expressos como óxidos e compreendem cerca de 99% da composição de qualquer rocha ígnea, sendo eles SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , MnO , FeO , Na_2O e K_2O . Existem outros elementos (por exemplo: V, Sr, Ni, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Yb, Hf), cuja abundância é bastante inferior e que são referidos como elementos traço. A concentração destes elementos é convencionalmente expressa em termos de ppm (partes por milhão). Embora surjam em quantidades reduzidas, fornecem importantes indicações sobre a origem dos magmas que formaram as rochas ígneas.

Componentes sólidos no magma

No caso do vulcanismo, o magma normalmente não ascende diretamente através de uma única conduta a partir do seu local de origem até à erupção, permanecendo em câmaras magmáticas, que estarão localizadas a diferentes profundidades na crosta e no manto superior. Nestes locais ocorre um arrefecimento do magma que leva à formação de cristais e à sua separação do restante fluido. Em rochas vulcânicas, estes cristais com faces

bem desenvolvidas, devem ser reconhecidos como fenocristais, tendo em conta o seu tamanho comparativamente com a matriz que os rodeia, de minerais pouco desenvolvidos, que se formaram devido ao rápido arrefecimento da lava.

O magma pode conter fragmentos de rochas e minerais arrancados das condutas durante a sua ascensão, chamados de xenólitos e xenocristais, respetivamente. O seu estudo é particularmente importante porque muitos deles provêm de zonas profundas do manto superior, que de outra forma não era possível ter acesso.

Temperatura

A temperatura da lava pode ser medida com um pirómetro e estas medições são complementadas com dados obtidos em laboratório, enquanto a temperatura do magma é ainda mais difícil de determinar, sendo que os petrologistas, neste caso, baseiam-se apenas em resultados experimentais.

A temperatura da lava varia, na sua maioria, entre os 800°C e os 1200°C. A temperatura dos magmas em profundidade é provavelmente mais baixa e nesta relação a água tem um papel importante, pois a solubilidade da água numa mistura silicatada em fusão aumenta, com o aumento de pressão (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

Estrutura de um magma silicatado

A estrutura/organização do magma tem que ser entendida através da estrutura atómica dos silicatos, que tem por base o tetraedro $(\text{SiO}_4)^{4-}$, posicionando-se o catião Si^{4+} no centro, ligado através de ligações covalentes a 4 aniões O^{2-} .

Os magmas silicatados, embora no estado líquido, apresentam algum nível de organização (Fig. 3.1.), com tetraedros de $(\text{SiO}_4)^{4-}$ ligados por catiões como Ca^{2+} e Fe^{2+} (Best, 2003; Sen, 2014) que fazem lembrar o mesmo tipo de organização dos minerais, embora sem o grau de ordenamento e de simetria destes.

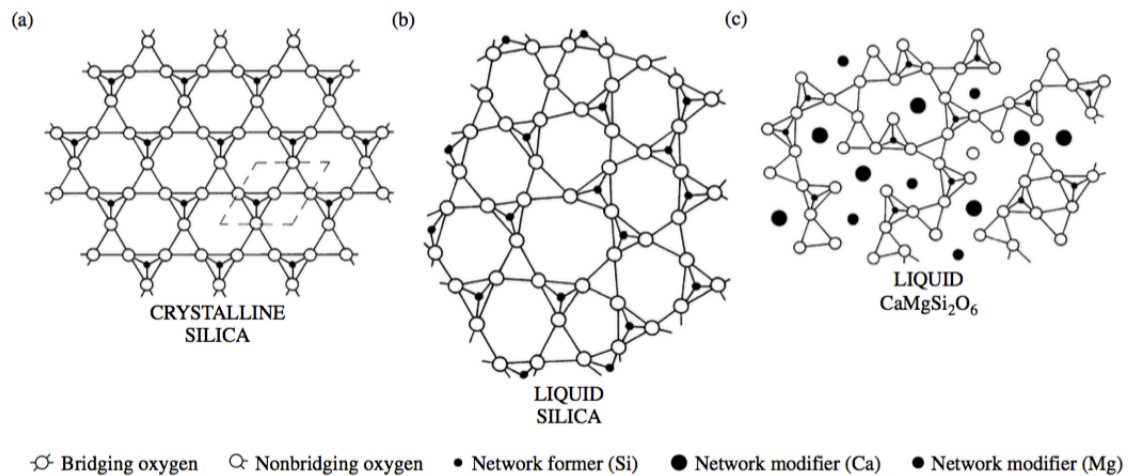


Figura 3.1. Estrutura da sílica no estado sólido (a) e no magma (b,c). A presença de agentes modificadores, Ca e Mg, na rede baixam o grau de polimerização, quebrando ligações dos tetraedros de sílica no magma (Best, 2003).

Viscosidade

A viscosidade (η) do magma é definida como a resistência interna que este apresenta a fluir. A viscosidade relaciona-se com a estrutura interna do magma, que é função da sua composição (nomeadamente, o conteúdo em sílica) a uma determinada pressão e temperatura, sendo a temperatura também um fator importante.

A extensão de polimerização (ou seja, a quantidade de cadeias de silicatos que ocorrem no magma, que está diretamente dependente da abundância de SiO_2) tem uma forte influência sobre a viscosidade. Os magmas máficos possuem estruturas pouco polimerizadas, sendo assim a sua viscosidade é inferior à registada para os magmas félsicos. A presença de água exerce um efeito de despolimerização, causando reduções de viscosidade. A temperatura ao provocar um aumento na quebra das redes de silicatos, também faz baixar a viscosidade do magma. Por outro lado, o aumento do conteúdo em cristais num magma em arrefecimento torna-o progressivamente mais viscoso (Sial & McReath, 1984).

Densidade

A densidade de diferentes magmas tem sido determinada em laboratório, na maior parte das vezes, à pressão atmosférica, variando entre 2,2 e 3,1 g/cm³ e está diretamente relacionada com a abundância de componentes máficos (Mg+Fe). Os magmas riolíticos são menos densos que os andesíticos e estes ainda menos densos que os magmas basálticos. A densidade dos magmas também varia com a temperatura/profundidade a que o magma está sujeito e com a abundância de voláteis presentes.

3.2. Formação de magmas

O magmatismo e a evolução dos magmas ao longo da história geológica deu forma ao planeta (estrutura interna), constituindo os continentes e providenciando, em abundância, os elementos importantes para o metabolismo dos seres vivos. Sem o magmatismo e a diferenciação química dos magmas, a vida como a conhecemos não seria possível (Worner, 2009).

A compreensão do processo de formação dos magmas, bem como da localização espacial da sua formação, depende do inevitável entendimento acerca da forma como as rochas se fundem. Embora haja muito ainda a fazer nesta área, sabe-se que a fusão de uma rocha depende da sua composição e das condições de temperatura e pressão a que é sujeita. A fusão de uma rocha nunca é total, seja qual for a temperatura a que é sujeita, dado que os minerais que a compõem se fundem a diferentes temperaturas. A este fenómeno dá-se o nome de fusão parcial, dado que alguns minerais se fundem e outros permanecem sólidos (Grotzinger *et al.*, 2007).

O estado normal do manto, mesmo que contenha pequenas quantidades de voláteis, os quais pelo estudo de xenólitos ultramáficos, estarão mesmo presentes, será essencialmente sólido (Wilson, 1989).

De acordo com Wilson (1989), existem duas ideias fundamentais sobre a forma como decorre o processo de fusão parcial das rochas no manto:

- 1) Líquido em equilíbrio – o líquido resultante reage continuamente, mantendo-se em equilíbrio com a porção cristalina residual, até ao momento da segregação, a partir do qual a composição global do sistema se mantém constante;

2) Fusão fracionada ou de Rayleigh – o líquido resultante é continuamente removido do sistema à medida que vai ocorrendo a sua formação, assim não é possível qualquer reação com a fração cristalina residual. Neste tipo de fusão parcial a composição global do sistema está em contínua alteração.

A fusão de rochas no manto e a formação de magma envolve circunstâncias específicas, como a descompressão ou a redução no valor do ponto de fusão das rochas devido à adição de voláteis. A fusão por descompressão será o processo com maior influência na formação de magmas ao nível das cristas médio oceânicas, sistemas de *back-arc* (atrás do arco) e em muitos centros vulcânicos intraplacas (Wilson, 1989).

A composição, nomeadamente a presença e quantidade de minerais ricos em água nas rochas do manto, alteram o seu comportamento no que se refere à fusão deste material. O aumento da quantidade de água presente, diminui o ponto de fusão dos minerais que constituem a rocha. Ao nível das zonas de subducção, a adição de voláteis a partir da crosta oceânica subductada terá uma influência significativa no processo de fusão parcial dos peridotitos da cunha mantélica (Wilson, 1989).

A fusão através do aumento da temperatura, não é um processo frequente no manto, podendo ocorrer em casos pontuais no interior dos continentes. Nestes locais processos tectónicos podem conduzir a um aquecimento interno, devido ao decaimento de elementos radioativos (maioritariamente K, U e Th). A fusão ocorre cerca de dez milhões de anos após o espessamento da crosta provocado por movimentos tectónicos (Worner, 2009). Outra situação em que a fusão pode ocorrer por aumento da temperatura situa-se em zonas de colisão continental-oceânica, com espessamento da crosta continental, aumentando a temperatura com a profundidade e/ou o contributo da acumulação de magmas básicos na base da crosta continental, promovendo a sua fusão parcial.

3.3. Mecanismos de ascensão do magma

Na maior parte das situações pensa-se que os magmas são menos densos que o material rochoso envolvente, tendendo a fluir e ascender. A velocidade de ascensão do magma depende da sua densidade e viscosidade (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

Processos que explicam a ascensão do magma de zonas mais profundas são a ascensão por diques ou *dyking* (para magmas básicos) e o diapirismo (para magmas ácidos). São processos físicos no qual corpos fluidos de menor densidade ascendem, com morfologias em forma de diques ou subesféricas (em forma de gota invertida), no interior de corpos mais densos.

A velocidade de ascensão obedece à lei de Stokes segundo a equação:

$$V = 2g\Delta\rho r^2 / 9\eta_{re}$$

sendo,

V- velocidade de ascensão;

$\Delta\rho$ - diferença de densidade entre o magma e a rocha encaixante;

r - raio do corpo magmático (quando esfera ou subesfera) de menor densidade;

η_{re} - viscosidade da rocha encaixante;

g - aceleração da gravidade;

Para os diapiros deduz-se a partir da equação, que a velocidade é tanto maior, quanto maior a dimensão dos diapiros e quanto menor a viscosidade das rochas encaixantes (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014). A possibilidade dos diapiros atingirem zonas elevadas da crosta pode ocorrer se, segundo Weinberg & Podladchikov (1994), a crosta possuir uma reologia tal que a torne menos resistente, em virtude da imposição de tensões cisalhantes no decurso da ascensão diapírica.

A ascensão de magmas por diques (*dyking*) refere-se ao processo de fratura das rochas, pelas tensões exercidas pelo próprio magma ou por forças distensivas regionais, ascendendo através dessas fraturas e constituindo múltiplos diques. Há duas etapas distintas que controlam a velocidade de extração do magma a partir da origem, através do processo de *dyking*: a extração a partir de poros das rochas para diques tributários (diques de reduzidas dimensões) e a capacidade de drenagem a partir destes pequenos diques para outros de maiores dimensões, capaz de transportar o magma para locais afastados da fonte (Weinberg, 1999).

A forma dos diques é também um elemento capaz de influenciar o transporte do magma, tendo em conta que sendo transportada a quantidade suficiente de magma ao longo destas fraturas, capaz de provocar a erosão térmica nas rochas encaixantes, podem

formar-se condutas mais cilíndricas. Esta geometria é mais favorável ao transporte do magma com menor perda de calor (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

Há alguns investigadores que afirmam que o sistema de ascensão por diapirismo para magmas graníticos na crosta continental, não é viável devido à sua elevada viscosidade. Propõem um sistema de ascensão por *ballooning*, que consiste na ascensão por fraturas com posterior insuflação na fase de instalação.

A uma menor profundidade o magma tenderá a ascender principalmente através do mecanismo conhecido por *stoping* (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014). Este processo resulta da formação e propagação de fraturas através da rocha encaixante (com comportamento frágil) devido à tensão que o magma em ascensão exerce. A ampliação das fraturas, vai implicar que alguns blocos de rocha encaixante fiquem cercados pelo líquido magmático e se afundem neste. Deste modo, é criado espaço para que o magma ascenda. De acordo com Frost & Frost (2014), a ascensão de magma através deste processo estará limitada a pequenas distâncias e à porção final do trajeto percorrido. A área incrementada pelo *stoping* está mais fria que o magma, do mesmo modo que os blocos ao mergulharem no magma extraem calor deste e no decorrer do processo a larga escala, seria de esperar um rápido arrefecimento do magma, o qual conduziria a uma cristalização prematura.

3.4. Tipos de magmas

De uma forma geral, os magmas podem ser classificados em quatro grupos, tendo por base a abundância relativa de: i) SiO_2 ; ii) $\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (componentes máficos) e iii) total de álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$). São eles o magma ultrabásico, básico, intermédio e ácido. São também utilizados os seguintes termos como equivalentes: magma ultramáfico= Komatiito; magma máfico= basáltico; magma intermédio= andesítico e magma félsico= riolítico (Sen, 2014).

Os componentes máficos encontram-se em percentagem reduzida nos magmas félsicos, alcançando a quantidade máxima nos magmas ultramáficos. Os álcalis e a sílica variam em sentido inverso. Os minerais que se formam a partir de um determinado magma depende da sua composição química. Por exemplo, a partir de um magma ultramáfico, com uma baixa percentagem de SiO_2 e elevada percentagem de $\text{MgO} + \text{FeO}$ é esperado que se

formem minerais como a olivina e piroxena, não sendo esperada a formação de quartzo, pois praticamente toda a sílica disponível, será utilizada na formação da olivina e piroxena.

As rochas ígneas mais importantes formadas a partir da solidificação do magma basáltico são os basaltos tipo MORB (*Mid-ocean ridge basalt*). Algumas ilhas como o *Hawaii* são constituídas por outro tipo de rochas, conhecidas como basaltos do tipo OIB (*Ocean Island basalt*), que apresentam um enriquecimento em elementos traço. Os magmas andesíticos são caraterísticos dos arcos insulares ou margens continentais ativas, formados pela fusão parcial da crosta oceânica ou do manto na presença de água. Estes magmas juntamente com os magmas félsicos, são os responsáveis pelo crescimento dos continentes e dos arcos insulares. O Komatiito é uma rocha formada pela solidificação de magmas ultramáficos, datados essencialmente do Arcaico (aproximadamente 2500 milhões anos atrás). Magmas com esta composição são indicativos de um elevado grau de fusão parcial das rochas e elevadas temperaturas no Arcaico (Karato & Ohtani, 1993), indicando que o interior da Terra era mais quente no passado.

CAPÍTULO 4- CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS MAGMÁTICAS

4.1. Classificação simplificada de campo

As rochas magmáticas são divididas em plutónicas, hipabissais e extrusivas ou vulcânicas, dependendo do local da sua consolidação, que pode ser em locais de grande profundidade, próximos da superfície ou à superfície, respetivamente. A distinção entre as rochas plutónicas e as hipabissais é, normalmente, baseada no tamanho dos cristais que as constituem. Enquanto as plutónicas apresentam minerais bem desenvolvidos, com tamanho superior a 1 mm, facilmente identificáveis em amostra de mão, as hipabissais e vulcânicas apresentam minerais pouco desenvolvidos, sendo difícil a sua identificação em amostra de mão (Philpotts, 1989).

As rochas ricas em quartzo, feldspatos ou feldspatóides são designadas de félsicas, enquanto que as rochas ricas em minerais ferromagnesianos são máficas ou ultramáficas, quando desprovidas ou com raros minerais félsicos. Nas rochas félsicas predomina a SiO_2 e nas máficas e ultramáficas predomina o MgO e FeO .

Quando começou a desenvolver-se a Petrologia, pensava-se que a sílica presente nos magmas se combinava com a água, formando um ácido silicioso, enquanto que o MgO e FeO formavam bases, levando à utilização dos termos ácida, básica e ultrabásica que, embora obsoletos, são ainda usados de forma bastante comum. A aplicação destes termos no campo, tem por base a cor, parecendo mais correto utilizar os termos que o indicam. O estabelecimento quantitativo da cor da rocha, pode ser feito utilizando o índice de cor, que é representado pela proporção de minerais ferromagnesianos presentes na rocha (Philpotts, 1989). Tendo por base a cor da rocha em amostra de mão, as rochas podem ser classificadas em melanocráticas (percentagem de minerais máficos superior a 60), mesocráticas (com uma percentagem de minerais máficos que varia entre 30 e 60) e leucocráticas (percentagem de minerais máficos inferior a 30) (Sen, 2014).

4.2. Classificação IUGS

Ao longo dos tempos foram surgindo vários modelos de classificação das rochas ígneas, algumas com base na petrografia e mineralogia, outras tendo em conta a composição química ou a génese das rochas.

A mineralogia e a composição química foram critérios de classificação que se mantiveram, tornando-se mesmo a principal base para a distinção das rochas (Le Bas & Streickeisen, 1991).

Em 1961, foi criada a IUGS (*International Union of Geological Sciences*), tendo sido possível uma maior cooperação entre cientistas de todo o mundo em prol do desenvolvimento da Geologia. Foi estabelecida pela IUGS uma subcomissão para se dedicar apenas à questão da sistemática das rochas ígneas, que começou a desenvolver o seu trabalho em 1969. Foram realizados vários congressos, onde participaram 419 pessoas de 49 países, tendo sido fixados princípios e modelos de classificação (Le Bas & Streickeisen, 1991).

No que se refere às rochas plutónicas, é usada de forma comum a classificação proposta pela IUGS, baseando-se na proporção dos minerais que as constituem. A classificação da IUGS não é usada de forma tão comum para as rochas vulcânicas, uma vez que nestas rochas os minerais não são facilmente distinguíveis, sendo usadas geralmente classificações baseadas na composição química (Sen, 2014).

Classificação das Rochas Plutónicas

A classificação das rochas plutónicas da IUGS é baseada na abundância de Quartzo (Q), Feldspato alcalino (A), Plagioclase (P), Feldspatóides (F) e minerais máficos (M). Se a proporção de minerais máficos ultrapassar 90%, é considerada uma rocha ultramáfica.

Rochas Ultramáficas

São compostas essencialmente por três minerais – olivina, ortopiroxena e clinopiroxena.

A figura 4.1. apresenta a classificação das rochas ultramáficas, segundo a IUGS. Esta classificação é utilizada para rochas com uma percentagem de minerais félsicos inferior a 10%.

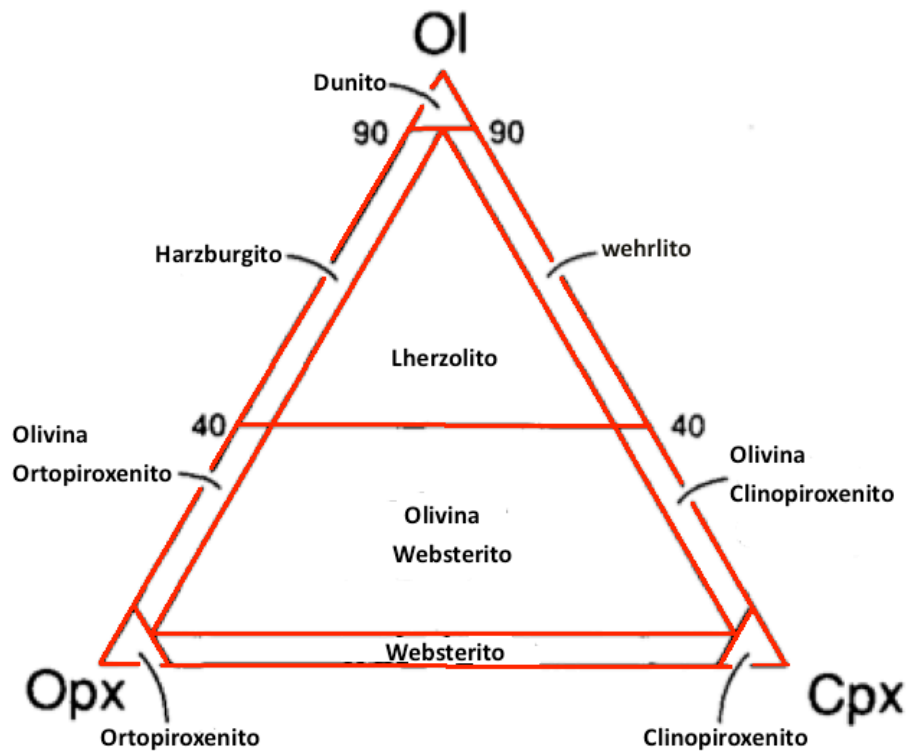


Fig. 4.1. Classificação das rochas ultramáficas baseada nas proporções de olivina (Ol), ortopiroxena (Opx) e clinopiroxena (Cpx) (adaptado de Le Bas & Streickeisen, 1991).

O dunito é uma rocha que apresenta uma percentagem de olivina superior a 90, o lherzolito contém uma maior quantidade de piroxenas que o dunito e mais clinopiroxenas do que o harzburgito, sendo a rocha predominante no manto superior (Sen, 2014).

Os lherzolitos e harzburgitos do manto superior exibem, frequentemente, uma textura metamórfica, no entanto continuam a ser consideradas rochas ígneas e importantes. A explicação pode estar no facto de serem geralmente aceites como fontes dos magmas basálticos que formam a crosta oceânica (Sen, 2014).

Os termos peridotito e piroxenito tem sido usados na literatura para se referirem a rochas ultramáficas ricas em olivina e piroxena, respetivamente. Assim, o peridotito inclui o lherzolito, dunito, harzburgito, olivina websterito e wehlito, enquanto que piroxenitos incluem principalmente o clinopiroxenito, ortopiroxenito e websterito (Sen, 2014).

Rochas Máficas

As rochas máficas são classificadas tendo por base a proporção de olivina, plagioclase e piroxenas (Fig. 4.2. a, b). As rochas que contêm uma percentagem de plagioclase superior a 90 são designadas por anortositos, que ocorrem em intrusões bandadas ou em corpos maciços de formações rochosas do Pré-Câmbrico, sendo também uma rocha que faz parte da constituição da Lua. Os gabros e os gabros olivínicos são as rochas plutónicas máficas mais abundantes. Se a piroxena dominante for a ortopiroxena em vez da clinopiroxena, o equivalente de um gabbro contendo ortopiroxena é designado por norito. Os noritos e gabronoritos olivínicos, ocorrem geralmente em intrusões bandadas e podem também surgir associados a anortositos. O troctolito surge também em intrusões bandadas e apresenta texturas cumulativas (grande concentração, acumulação de minerais).

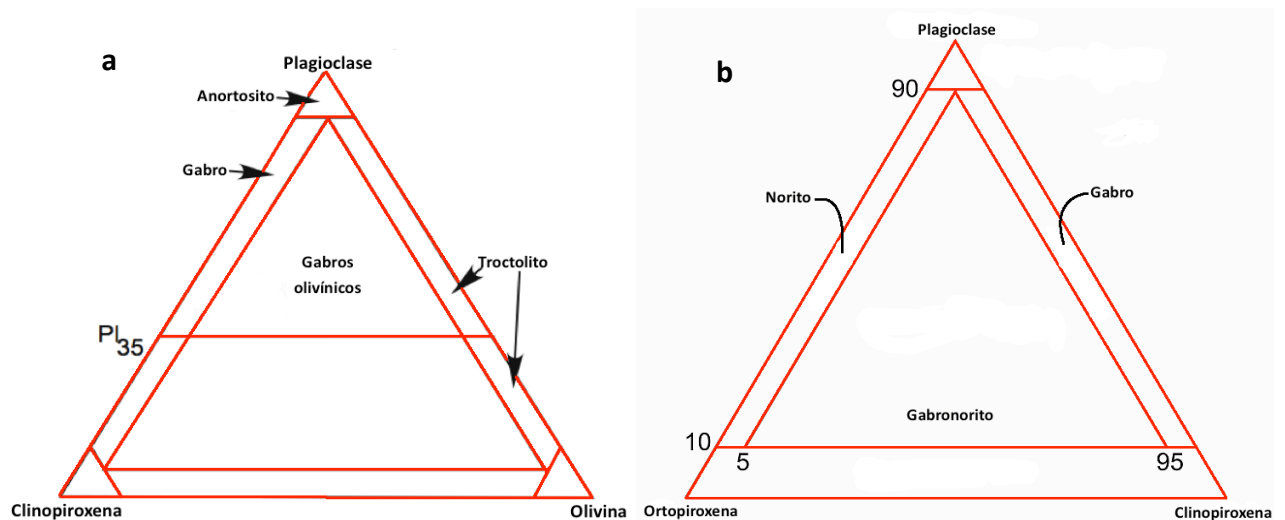


Fig. 4.2. Classificação das rochas plutónicas máficas (adaptado de Sen, 2014).

Rochas Félsicas

A classificação elaborada pela IUGS (Fig. 4.3.), reconheceu uma distinção fundamental entre as rochas que têm na sua composição quartzo e aquelas que contêm feldspatóides. Apresenta dois triângulos (Quartzo, Feldspato Alcalino e Plagioclase/ Feldspatóides, Feldspato Alcalino e Plagioclase), que partilham o lado PA.

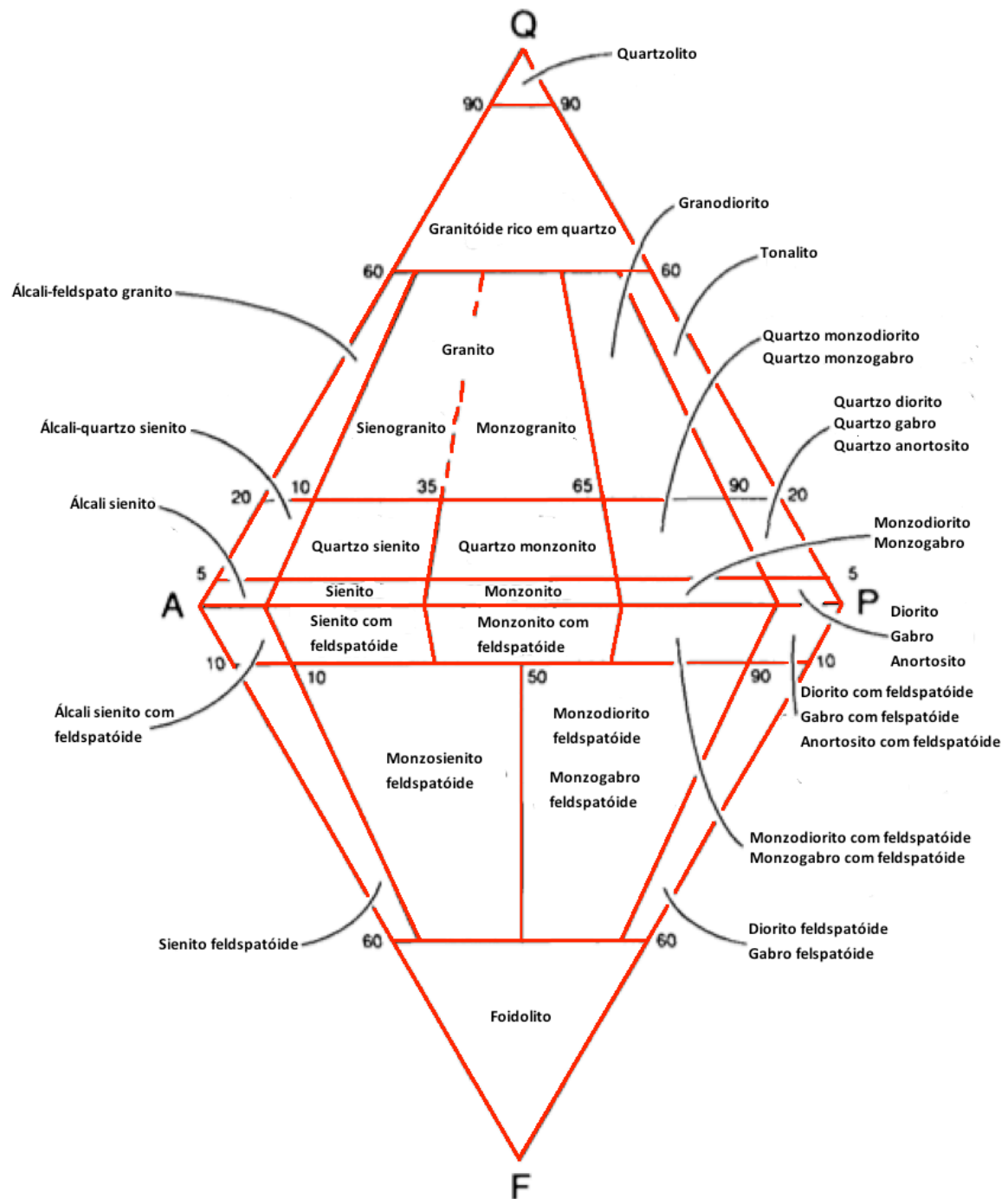


Fig. 4.3. Classificação das rochas plutônicas félsicas. Q: quartzo; A: feldspato alcalino; F: feldspatóides; P: plagioclase (%An > 5). O triângulo superior é referente a rochas saturadas em sílica enquanto que o inferior corresponde a rochas subsaturadas em sílica e contendo feldspatóides (adaptado de Le Bas & Streickeisen, 1991).

Classificação das Rochas Vulcânicas

Uma das classificações em uso na classificação das rochas vulcânicas é a TAS. Os parâmetros químicos utilizados são a percentagem de sílica (SiO_2) *versus* a percentagem total de álcalis ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) (Le Bas & Streickeisen, 1991). A figura 4.4. ilustra esta mesma classificação.

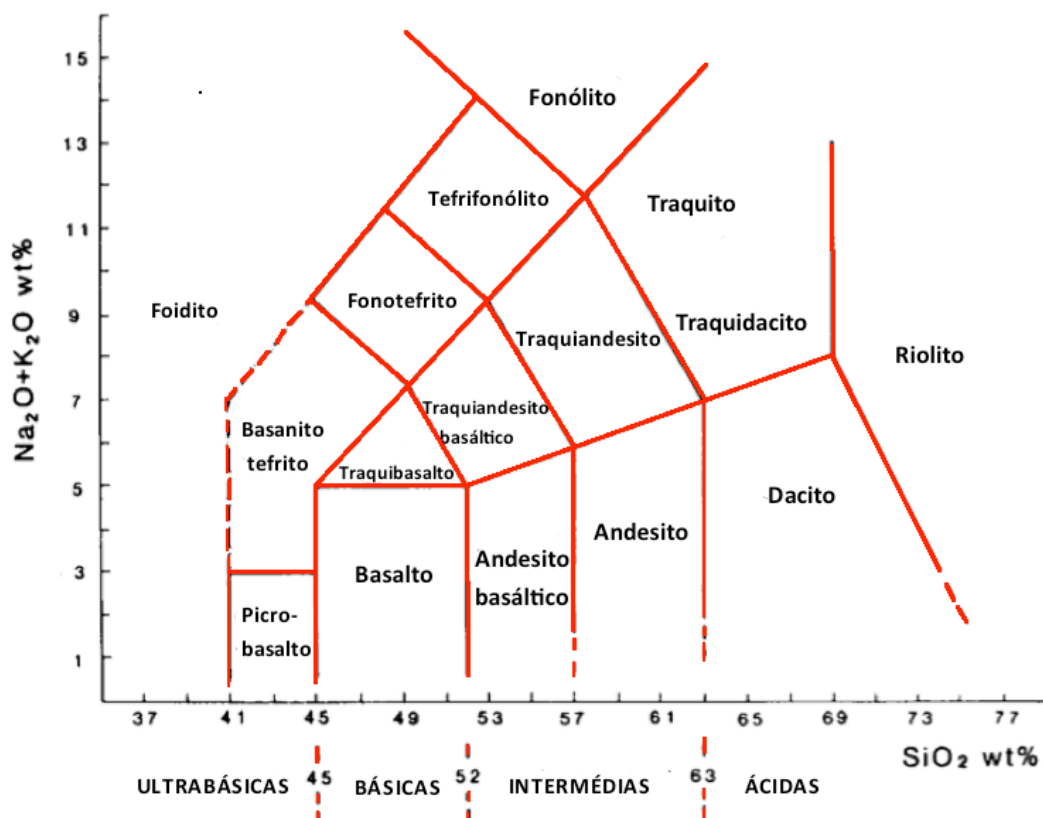


Fig. 4.4. Classificação TAS das rochas vulcânicas (adaptado de Le Bas & Streickeisen, 1991).

4.3. Classificação dos Basaltos

Os basaltos são a rocha mais comum à superfície da Terra. Uma das maiores descobertas na Petrologia no século XX foi que os basaltos resultam da fusão parcial de material do manto. A partir desta descoberta tornou-se evidente a importância do estudo dos basaltos para o conhecimento do manto.

Dado que são rochas com minerais pouco desenvolvidos, a sua classificação é uma classificação normativa, baseada na sua composição química. Tendo em conta a petrografia

e composição química, os basaltos podem ser classificados em basaltos toleíticos e basaltos alcalinos.

Como o próprio nome indica os basaltos alcalinos são ricos em elementos alcalinos (Na_2O e K_2O) e mais pobres em CaO do que os toleíticos. É também importante o facto dos basaltos alcalinos terem uma percentagem de sílica ligeiramente mais baixa que os toleíticos (46 a 48% em comparação com 48 a 52%). São também mais ricos em elementos incompatíveis do que os basaltos toleíticos.

As diferenças químicas entre estes dois tipos de basaltos estão refletidas nas suas diferenças petrográficas (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014). Os basaltos alcalinos contêm olivina como fenocristais, estando também incluída na matriz. Além da olivina estão também presentes a augite e minerais do grupo dos feldspatóides como a nefelina e a leucite. A augite tende a ser colorida, com pleocroísmo, pois contém alguma quantidade de ferro e titânio. Nos basaltos toleíticos típicos a olivina aparece apenas como fenocristal, por vezes com sinais de reabsorção ou de reação para pigeonite ou hiperstena. A matriz é caracterizada pela presença de plagioclase e de piroxena. A augite é frequentemente incolor ou levemente colorida, indicando que é pobre em ferro e titânio (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014). Por vezes, ocorrem basaltos toleíticos em que a olivina está ausente e basaltos que, por outro lado, podem conter quartzo.

Relativamente à origem destes basaltos têm surgido várias explicações. Uma delas sugere que os dois tipos de basaltos provêm de duas fontes diferentes, com diferentes composições. Os magmas alcalinos apresentam uma grande variedade na sua composição, o que sugere um manto heterogéneo que explique este espectro de variação. Uma outra explicação é a de que resultem da mesma fonte, mas representam a fusão parcial de material que ocorreu em diferentes condições de pressão/profundidade ou então em resultado de diferentes graus de fusão parcial (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014), sendo que, nesse caso, os basaltos alcalinos resultam de um menor grau de fusão.

Nalguns locais como o *Hawaii*, os tipos de basaltos encontrados vão desde o alcalino ao toleítico durante a história eruptiva destes locais. Muitos petrologistas argumentam que estes basaltos têm origem numa única fonte do manto. O magma formado a elevadas pressões apresentará menos sílica do que o produzido a pressões mais baixas. Assim, os

basaltos alcalinos serão gerados a partir do mesmo manto mas a pressões/profundidades mais elevadas ou a níveis mais baixos de fusão parcial (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

CAPÍTULO 5 - RESERVATÓRIOS GEOQUÍMICOS DO MANTO

Um dos maiores desafios da geofísica e geoquímica, relativamente ao conhecimento da Terra, é decifrar a complexidade litológica e mineralógica do manto. Dos estudos geofísicos resultou o conhecimento sobre a estrutura interna da Terra e a sua heterogeneidade, mas muito pouco acerca da evolução temporal e dos mecanismos que a originaram e diferenciaram. A geoquímica, ao realizar estudos dos isótopos (essencialmente de elementos traço) de amostras de material proveniente do manto, pode providenciar conhecimentos sobre a evolução e diferenciação temporal dos vários sistemas químicos no interior da Terra (Jackson & Dasgupta, 2008).

A heterogeneidade do manto pode ser explicada como resultado de um ciclo químico, em larga escala, entre os dois maiores reservatórios de elementos litófilos, a crosta oceânica e continental e o manto. A troca de material entre a crosta e o manto introduz heterogeneidades nos materiais geológicos, enriquecendo-os ou empobrecendo-os (Stracke, 2012).

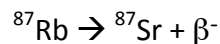
5.1. Sistemas isotópicos

Os elementos químicos são caracterizados por um determinado número de prótons no núcleo, enquanto que podem ter um número variável de neutrões. Assim, por exemplo, o carbono, com seis prótons, pode conter seis, sete ou oito neutrões, resultando em átomos de carbono com diferentes massas, designados de isótopos. Os isótopos usados de forma mais comum pelos geoquímicos são o H, C, O, S, K, Ar, Rb, Sr, U, Pb, Th, Sm e Nd, embora estejam sempre a ser explorados novos sistemas isotópicos (Winter, 2001).

Os isótopos são classificados em isótopos estáveis, aqueles que se mantêm indefinidamente no tempo e isótopos radioativos, que são instáveis e sofrem um processo de decaimento radioativo, produzindo outros elementos. Os isótopos originais e estáveis são designados isótopos pai e os que desses resultam por decaimento são isótopos filho, também considerados radiogénicos. O tempo de decaimento é característico para cada elemento.

Sistema Rb-Sr

Este sistema isotópico é um dos mais usados pelos geoquímicos para determinar a idade das rochas e também para restringir e definir a fonte/origem dessas rochas. O rubídio apresenta dois isótopos naturais, o ^{85}Rb e o ^{87}Rb , cujas abundâncias são respetivamente 72,15% e 27,85% (Duthou, 1992). Apenas o ^{87}Rb é radioativo, transformando-se por decaimento radioativo no isótopo ^{87}Sr , com emissão de partículas β^- .



De acordo com os princípios da radioatividade, o número total de átomos de ^{87}Sr existentes num determinado material geológico de idade t é dado pela seguinte equação:

$$^{87}\text{Sr} = ^{87}\text{Sr}_i + ^{87}\text{Rb} (e^{\lambda t} - 1)$$

onde $^{87}\text{Sr}_i$ é o número inicial de átomos de ^{87}Sr presente no sistema (magma) no momento $t=0$, ^{87}Rb e ^{87}Sr o número de átomos desses isótopos no tempo t e λ a constante de desintegração. Atendendo a que no espectrómetro de massa são medidas razões isotópicas, utiliza-se o ^{86}Sr (isótopo estável) como isótopo de referência, pelo que a equação anterior pode ser escrita da seguinte forma (Simões, 2000):

$$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i + ^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} (e^{\lambda t} - 1)$$

O Rb comporta-se como o K, substituindo-o e concentrando-se nas micas, anfíbulas e em menor quantidade no feldspato potássico, enquanto o Sr comporta-se como o Ca e concentra-se na plagioclase e na apatite.

Dado que no magma já existe algum ^{87}Sr inicial, a quantidade deste em qualquer rocha reflete a quantidade original deste isótopo acrescido do ^{87}Sr radiogénico, resultado do decaimento do ^{87}Rb ao longo do tempo. Assim, o valor da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ numa amostra é igual à razão original no momento da cristalização (Sr_i), mais a razão $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} (e^{\lambda t} - 1)$ que traduz o ^{87}Sr radiogénico formado desde esse momento, calculado a partir da concentração inicial de ^{87}Rb (Winter, 2001) no magma.

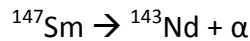
Ao longo do tempo, a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ foi aumentando no manto superior, à medida que pequenas quantidades de ^{87}Rb foram sofrendo decaimento. Num possível evento de fusão parcial do manto, em que o magma resultante se instalou na crosta, originando rochas que passaram a fazer parte da crosta continental, o Rb seria preferencialmente incorporado na crosta, uma vez que é incompatível e comporta-se como o K. Os valores iniciais de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para a crosta são assim mais elevados do que para o manto. Razões iniciais Sr com valores muito baixos resultam da fusão parcial de rochas do manto empobrecido, que sofreram extensos processos de fusão para a formação de rochas da crosta, enquanto que altas razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ indicam a presença de fontes ricas em Rb, e como tal de ^{87}Rb , provavelmente antiga crosta rica em K e Rb (Winter, 2001). Na verdade este sistema isotópico pode ser utilizado para determinar a origem das fontes dos magmas (Simões, 2000) e consequentemente dos reservatórios geoquímicos:

- $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i > 0.710$ - traduz uma origem a partir de materiais crustais, significando que provêm essencialmente de rochas crustais enriquecidas em ^{87}Sr radiogénico;
- $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i < 0.704$ - implica uma origem mantélica, ou crosta juvenil, sem contribuição de materiais supracrustais antigos, pelo que todo o Sr é proveniente do manto ou da crosta juvenil;
- $0.704 > (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i > 0.710$ - para valores intermédios a origem do magma é mais difícil de determinar, admitindo-se modelos de mistura que envolvam contribuições mantélica e crustal.

Sistema Sm-Nd

O samário e o neodímio são dois elementos de terras raras leves (LREE- *Light rare earth elements*) incompatíveis, tendendo a concentrar-se nos diferenciados magmáticos. Além de existir uma pequena diferença entre eles do ponto de vista das propriedades químicas e físicas, é também maior a afinidade do Nd em se concentrar nos magmas e fluidos (apresenta maior incompatibilidade) do que o Sm. Como consequência, a razão Sm/Nd diminui nos líquidos resultantes da fusão parcial, em comparação com a fonte, ou no magma residual em resultado de uma progressiva cristalização fracionada.

O samário tem sete isótopos, sendo apenas radioativo o ^{147}Sm , apresentando o neodímio também sete isótopos com o ^{143}Nd parcialmente radiogénico (Duthou, 1992). Por decaimento radioativo o ^{147}Sm transforma-se no isótopo ^{143}Nd , com emissão de partículas α .



Os princípios do método Sm-Nd são os mesmos do sistema Rb-Sr, pelo que se pode aplicar idêntica equação:

$$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i + ^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} (e^{\lambda t} - 1)$$

Devido às pequenas variações da razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, a razão inicial $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de uma amostra de idade t pode ser expressa pelo parâmetro ϵ_{Nd} , tomando como referência o CHUR (*Chondritic Uniform Reservoir*), modelo que considera que a maioria das rochas se formaram a partir de um manto uniforme, com uma composição isotópica Sm-Nd semelhante à dos meteoritos condriticos, segundo DePaolo e Wasserburg, 1976.

Este parâmetro é calculado de acordo com a seguinte equação (Simões, 2000):

$$\epsilon_{\text{Nd}}^t = 10^4 \left[\frac{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{amostra}}^t}{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}^t} - 1 \right]$$

O manto empobrecido apresenta uma maior razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ao longo do tempo, comparativamente com líquidos enriquecidos. Isto acontece porque a fusão parcial do manto (com ascensão dos magmas para a crosta) remove mais Nd do que Sm e este com o tempo irá gerar maior quantidade de ^{143}Nd , fazendo com que a razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ seja superior em comparação com a original. Quando as rochas apresentam uma razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ alta, implica que a rocha foi derivada de uma fonte empobrecida do manto e quando apresenta um valor baixo, indica que teve origem num manto enriquecido ou numa fonte crustal enriquecida ao longo do tempo (Winter, 2001).

Assim, ao contrário do que se verifica para o sistema Rb-Sr, no sistema Sm-Nd, o manto é mais radiogénico do que a crosta, apresentando valores da razão inicial $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ superiores. À semelhança do Sr, a razão inicial do Nd, expressa por ϵ_{Nd} , também pode ser utilizada para determinar a origem das fontes magmáticas e respetivos reservatórios geoquímicos (Simões, 2000):

- ϵNd positivo - significa que o magma se formou a partir de uma fonte mantélica e quanto maior o valor de ϵNd , mais empobrecido é o manto;
- ϵNd negativo - significa que o magma teve origem a partir de uma fonte crustal, e quanto maior a contribuição crustal, mais negativo é o valor de ϵNd .

Sistema U-Th-Pb

Este sistema envolve três isótopos radioativos de U (^{234}U , ^{235}U e ^{238}U) e três isótopos radiogénicos de Pb (^{206}Pb , ^{207}Pb e ^{208}Pb), sendo grande a sua complexidade. Apenas o ^{204}Pb não é radiogénico. Urânio, Tório e Chumbo, são todos elementos incompatíveis, concentrando-se em magmas primordiais e incorporando-se na crosta, particularmente na crosta continental. A composição isotópica das rochas em Pb é função do decaimento de U e Th. Pelo decaimento do ^{238}U produz-se o ^{206}Pb e a partir do ^{235}U forma-se ^{207}Pb . O ^{232}Th origina por decaimento o outro isótopo de chumbo, o ^{208}Pb . Os dois isótopos de Pb produzidos pelo U apresentam diferenças no seu comportamento, devidas às suas diferentes constantes de decaimento radioativo. Na história inicial do nosso planeta o ^{235}U decaiu mais rapidamente do que o ^{238}U e consequentemente houve uma maior evolução do ^{207}Pb ao longo do tempo, sendo a sua abundância um indicador extremamente sensível para uma fonte antiga. Atualmente o ^{235}U está largamente extinto e assim na história recente da Terra o ^{206}Pb demonstra uma evolução mais proeminente, devido ao decaimento do ^{238}U (Rollinson, 1993).

Nos materiais com altas concentrações de U e Th, as razões $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ e $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vão aumentar. O Pb é escasso no manto, sendo que os fluidos derivados do manto com baixa quantidade de Pb, estão suscetíveis à contaminação por reservatórios ricos em U-Th-Pb. Estes elementos estão concentrados em reservatórios siálicos, como a crosta continental, a qual com o passar do tempo desenvolve altas concentrações de isótopos filho de Pb. A adição de Pb crustal, terá um largo efeito no manto (Winter, 2001).

5.2. Reservatórios geoquímicos do manto

A figura 5.1. apresenta um diagrama com a distribuição dos diferentes reservatórios do manto (DM- *Depleted Mantle*, PREMA – *Prevalent Mantle*, BSE- *Bulk Silicate Earth*, EMI- *Enriched Mantle I*, EMII- *Enriched Mantle II* e o HIMU – *high μ ; $\mu = {}^{238}\text{U}/{}^{204}\text{Pb}$*) em função das razões ${}^{143}\text{Nd}/{}^{144}\text{Nd}$ versus ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$ e ϵ_{Nd} versus ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$. Já referido anteriormente, devido às pequenas variações da razão ${}^{143}\text{Nd}/{}^{144}\text{Nd}$, a razão inicial ${}^{143}\text{Nd}/{}^{144}\text{Nd}$ para uma amostra pode ser expressa pelo parâmetro ϵ_{Nd} .

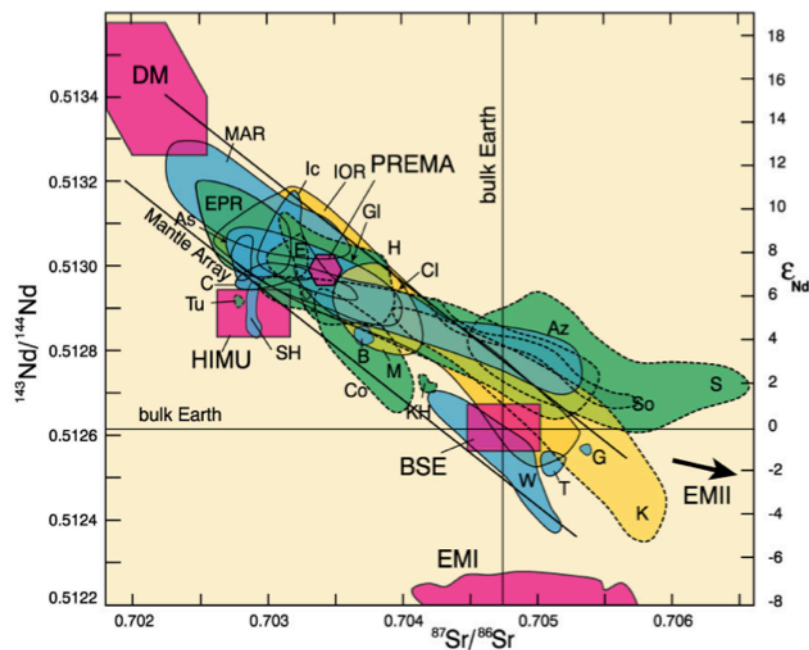


Fig. 5.1. Diagrama representativo da distribuição dos diferentes reservatórios do manto em função das razões ${}^{143}\text{Nd}/{}^{144}\text{Nd}$ versus ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$ e ϵ_{Nd} versus ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$ (After Zindler e Hart (1986), Staudigel *et al.* (1984), Hamelin *et al.* (1986) e Wilson (1989)).

5.2.1. Manto Empobrecido - *Depleted Mantle*

Um dos reservatórios mantélicos considerados é o manto empobrecido ou DM - *Depleted Mantle*, que apresenta uma razão ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$ baixa e um valor alto para a razão ${}^{143}\text{Nd}/{}^{144}\text{Nd}$. Admite-se que o empobrecimento em determinados elementos que caracteriza este reservatório terá sido resultado da fusão parcial de material do manto superior, com os magmas resultantes a formar a crosta oceânica e continental (Anderson, 1989). Tendo em conta a grande abundância e variedade de rochas com a assinatura deste reservatório (principalmente os basaltos que se formam nas dorsais oceânicas ou seja a crosta oceânica), tornou-se óbvio que a assinatura química e isotópica do DM consiste em elementos

empobrecidos (que foram para a crosta como o K e o Rb) e outros enriquecidos (como o Sm). Indiscutivelmente, o componente mais abundante e empobrecido do DM corresponde a um manto peridotítico que experimentou um ou mais episódios de fusão parcial. O grau de heterogeneidade deste reservatório dependerá da proporção, assim como da composição e idade dos componentes enriquecidos (Stracke, 2012).

5.2.2. Manto Enriquecido - *Enriched Mantle*

Zindler e Hart (1986), propuseram a existência de dois reservatórios enriquecidos, o EMI (*Enriched Mantle I*) e o EMII (*Enriched Mantle II*). O EMI é levemente enriquecido em $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e tem uma baixa razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$. O EMII é mais enriquecido, especialmente em $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e em Pb radiogénico. A elevada quantidade de ^{87}Sr nestes reservatórios requer uma elevada quantidade de Rb e um longo período de tempo para produzir o excesso de ^{87}Sr , podendo estabelecer-se uma relação com a crosta continental ou sedimentos dela derivados (Winter, 2001).

Estes reservatórios estão frequentemente associados a basaltos de ilhas vulcânicas ou a alguns basaltos que ocorrem nas zonas de rifte. Existem vários modelos que tentam explicar a origem do manto enriquecido. Em termos gerais, o enriquecimento parece estar relacionado com os processos de subducção, com injeção de material crustal no manto. O reservatório EMII apresenta afinidades com a crosta continental superior e deverá representar a reciclagem de sedimentos continentais, crosta continental e crosta oceânica alterada, incluindo de ilhas oceânicas. Um modelo alternativo baseia-se na similaridade entre o manto enriquecido e a litosfera subcontinental, sugerindo que este enriquecimento é devido à mistura de litosfera subcontinental no manto. O reservatório EMI apresenta afinidades com a crosta inferior, podendo representar material reciclado desta crosta (Rollinson, 1993) ou metassomatizado.

Em Workman *et al.*, (2004) é proposto um modelo explicativo para a origem do EMII, a partir de um estudo realizado com materiais das ilhas Samoa, situadas no sul do Oceano Pacífico, na região da Polinésia. Demonstraram que a litosfera impregnada com uma pequena quantidade de líquido, resultante da fusão do manto superior durante 2,5 mil milhões de anos (2,5Ga), pode evoluir para a composição isotópica observada neste reservatório. Foram realizados cálculos para os sistemas Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, Th-Pb e Lu-Hf,

baseados na evolução da massa da Terra ao longo de 2,5 Ga. Estipularam que pequenas quantidades de líquido não extraído nas zonas de rifte, percolou através da astenosfera e impregnou-se na litosfera, constituindo-se essencialmente num processo metassomático. Esta litosfera metassomatizada foi posteriormente reciclada e armazenada no manto, dando origem ao EMII (Fig. 5.2.).

Resumindo, a reciclagem da crosta continental superior e inferior e da litosfera oceânica nas margens de placas destrutivas e subsequente re-fusão são parte integrante das fontes de manto de basaltos de ilhas oceânicas, podendo explicar a assinatura química e isotópicas desses basaltos. Isto implica que a heterogeneidade composicional do manto é induzida pelos processos de reciclagem.

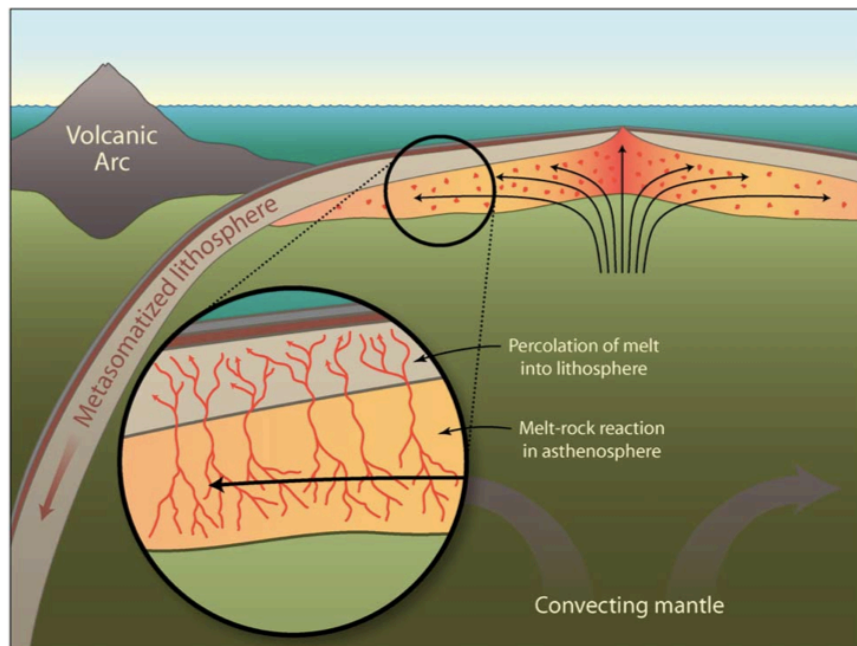


Fig. 5.2. Diagrama esquemático que ilustra um modelo explicativo para a origem do EMII. Há cerca de 2,5Ga, uma pequena quantidade de fluido resultante da fusão do manto superior primitivo, migrou através da astenosfera, impregnando-se na litosfera (Workman *et al.*, 2004).

5.2.3. PREMA – *Prevalent Mantle*

O reservatório PREMA constitui-se num outro reservatório isotopicamente enriquecido em comparação com o DM e interpretado como resultado da reativação de plumas mantélicas, incapazes de penetrar na litosfera continental (Witt-Eickschen *et al.*, 2003). A sua assinatura isotópica é comum nas rochas vulcânicas dos oceanos (Winter,

2001), sugerindo que as mesmas são derivadas de um reservatório mantélico que parece prevalecer sobre os outros.

5.2.4. BSE - *Bulk Silicate Earth*

O reservatório BSE ou Reservatório Silicatado Primário é um componente do manto que reflete uma composição química equivalente à de um manto primitivo homogêneo, formado durante a desgaseificação do planeta e durante a formação do núcleo. Alguns basaltos oceânicos apresentam a assinatura isotópica deste reservatório, no entanto, não existem dados suficientes que comprovem que este reservatório continua a existir no manto (Rollinson, 1993).

5.2.5. HIMU

Foi também proposta a existência de um outro reservatório, o HIMU (high μ ; $\mu = {}^{238}\text{U}/{}^{204}\text{Pb}$), caracterizado pelo padrão de enriquecimento em Pb, com uma elevada razão ${}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb}$, sugestiva de uma fonte rica em U, mas não é enriquecido em Rb, tendo uma baixa razão ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$ (Winter, 2001; Jackson e Dasgupta, 2008). Pensa-se que este enriquecimento teve lugar entre os 1,5 e 2,0 Ga. Vários modelos têm também sido propostos para explicar a origem deste reservatório: a mistura de crosta oceânica reciclada (possivelmente contaminada com água do mar); a perda de Pb de parte do manto para o núcleo e a remoção do Pb e Rb por fluidos metassomáticos no manto (Rollinson, 1993). Um dos modelos sugeridos para a origem deste reservatório é o de Hanyu *et al.* (2011), representado na figura 5.3., tendo por base duas etapas: numa 1ª fase o reservatório ter-se-á formado pela hibridização da crosta oceânica subductada com material mantélico, referido como *ambient mantle*, há vários mil milhões de anos atrás, o que pode ter acontecido no manto superior (1a), na zona de transição do manto (1b) ou no manto inferior (1c). O reservatório terá ficado isolado até um período relativamente recente, para que fosse possível a evolução das razões isotópicas até aos valores que se conhecem atualmente e que o caracterizam; numa 2ª etapa o reservatório foi transportado por uma pluma mantélica até à base da litosfera, onde sofreu fusão parcial e mistura com outros líquidos derivados de zonas menos profundas do manto, originando as lavas HIMU extrudidas. Na 1ª etapa, as razões isotópicas relevantes são as do Pb, Sr, Nd, Hf e Re, imprimidas pela crosta oceânica,

com maior abundância nestes elementos comparativamente ao *ambient mantle*. Em contraste, o Os (resultante do decaimento do Re) presente no HIMU é dominado pelo que está contido no manto, com concentrações muito superiores (2000-3000 ppt), em comparação com a crosta oceânica. Consequentemente, as razões Re/Os e por sua vez $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$, vão aumentar de forma moderada ao longo do tempo, em comparação com o manto original não modificado.

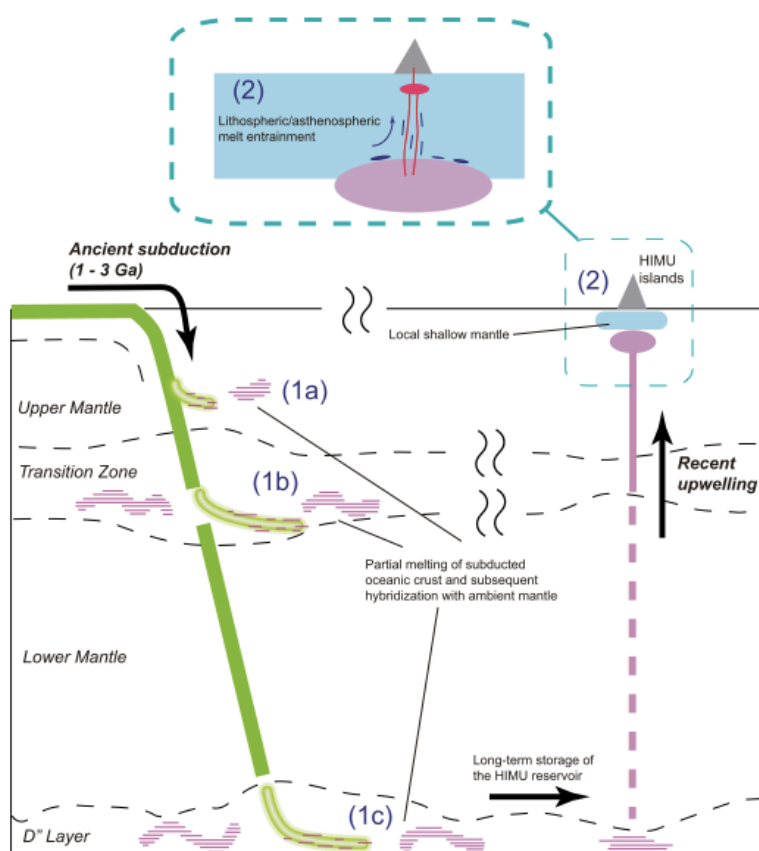


Fig. 5.3. Ilustração esquemática do modelo proposto para a origem do reservatório HIMU (Hanyu *et al.*, 2011).

Na tabela 5.1. sistematizam-se as características dos diferentes reservatórios do manto, nomeadamente ao nível dos principais sistemas isotópicos. No capítulo 6 a figura 6.3. também apresenta os principais reservatórios existentes no manto.

Tabela 5.1. Caracterização dos diferentes reservatórios geoquímicos do manto (fonte: elaborada pela autora).

Reservatórios Geoquímicos do Manto	Sistemas Isotópicos			Outras características
	Rb-Sr	Sm-Nd	U-Th-Pb	
DM- Depleted Mantle	Baixa Rb/Sr Baixa $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Alta Sm/Nd Alta $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Baixa U/Pb Baixa $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ Baixa $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ Baixa $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	<p>Consiste numa mistura de componentes empobrecidos e enriquecidos.</p> <p>Terá resultado de um processo de fusão parcial do manto e remoção desse material para constituir a crosta continental.</p> <p>O componente mais abundante e empobrecido do DM corresponde a um manto peridotítico residual que experienciou um ou mais episódios de fusão parcial.</p>
PREMA - Prevalent Mantle	Razões isotópicas ligeiramente superiores, comparativamente com o DM.			A sua assinatura isotópica é comum nas rochas vulcânicas dos oceanos.
BSE- Bulk Silicate Earth	Composição química equivalente à de um manto primitivo homogéneo.			<p>A sua assinatura isotópica está presente em alguns basaltos oceânicos.</p> <p>Poderá ter-se formado durante a diferenciação do planeta (desgaseificação e formação do núcleo).</p>
EMI- Enriched Mantle I	Baixa Rb/Sr Ligeiramente enriquecido em $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Baixa Sm/Nd Baixa $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Baixa U/Pb Baixa Th/Pb	<p>Apresenta afinidades com a porção inferior da crosta.</p> <p>Poderá representar material reciclado da crosta.</p>
EMII- Enriched Mantle II	Alta Rb/Sr Alta $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Baixa Sm/Nd	Alta $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ Alta $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	<p>Apresenta afinidades com a crosta continental superior.</p> <p>Hipóteses explicativas para a sua origem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reciclagem de sedimentos continentais ou crosta continental; - Reciclagem de crosta oceânica alterada ou crosta de ilhas oceânicas; - Metassomatismo da litosfera por pequenas quantidades de fluido do manto e posterior reciclagem dessa litosfera e armazenamento no manto.

<p>HIMU- “high μ; $\mu = {}^{238}\text{U}/{}^{204}\text{Pb}$”</p>	<p>Baixa Rb/Sr Baixa ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$</p>	<p>Valor intermédio de Sm/Nd</p>	<p>Alta U/Pb Alta ${}^{207}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb}$ Alta ${}^{208}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb}$ Alta Th/Pb</p>	<p>Enriquecimento em Pb radiogénico. Hipóteses explicativas para a sua origem: - Mistura de crosta oceânica reciclada; - Perda de Pb do manto para o núcleo; - Remoção de Pb e Rb por fluidos metassomáticos do manto; - Hibridização da crosta oceânica subductada com material mantélico, transporte por uma pluma mantélica até à base da litosfera, fusão e mistura com outros fluidos do manto.</p>
--	---	--	---	--

CAPÍTULO 6- FONTES DAS ROCHAS MAGMÁTICAS NOS DIFERENTES CONTEXTOS TECTÓNICOS

6.1. Magmatismo intraplaca

A atividade vulcânica intraplaca ocorre no interior das placas tectónicas, incluindo o magmatismo oceânico, com a formação dos basaltos de ilhas oceânicas – OIB (*Ocean Island Basalt*) e as Largas Províncias Ígneas – LIP's (*Large Igneous Provinces*). As LIP's podem ocorrer com a formação de mantos basálticos a nível oceânico e em zonas continentais de fluxos basálticos continentais– CFBs (*Continental Flood Basalts*) (Fig. 6.1. e 6.2.).

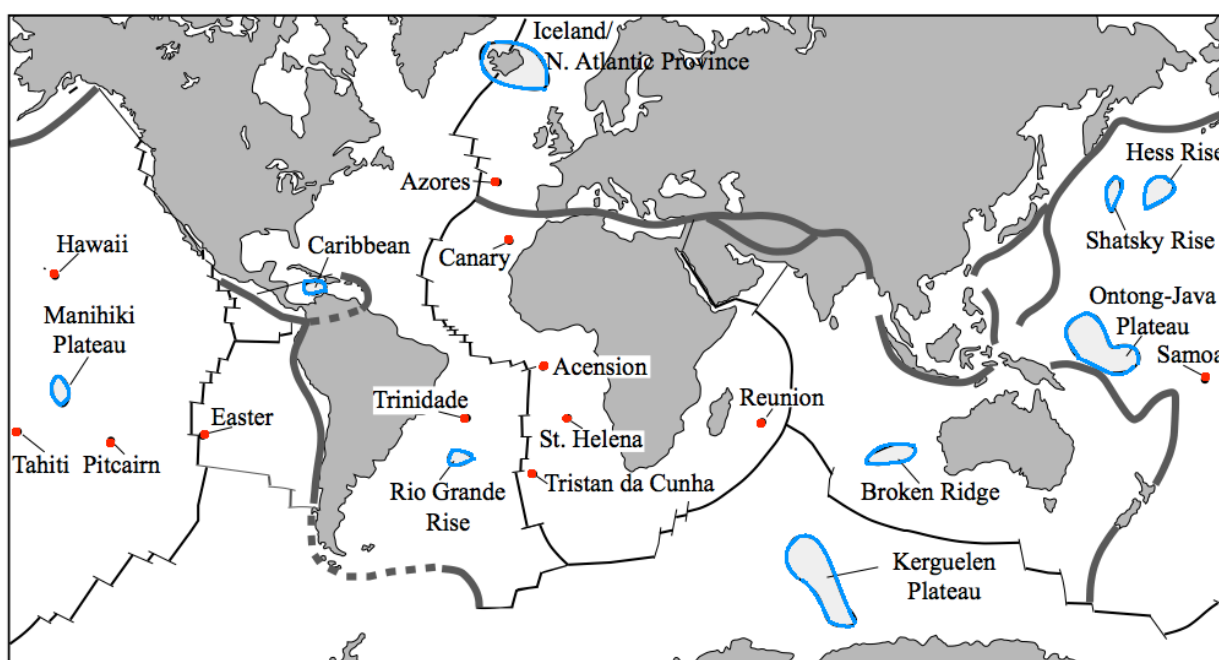


Fig. 6.1. Mapa que apresenta a localização de ilhas oceânicas (pontos vermelhos) e a localização de planaltos oceânicos (sombreado rodeado a azul) (adaptado de Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

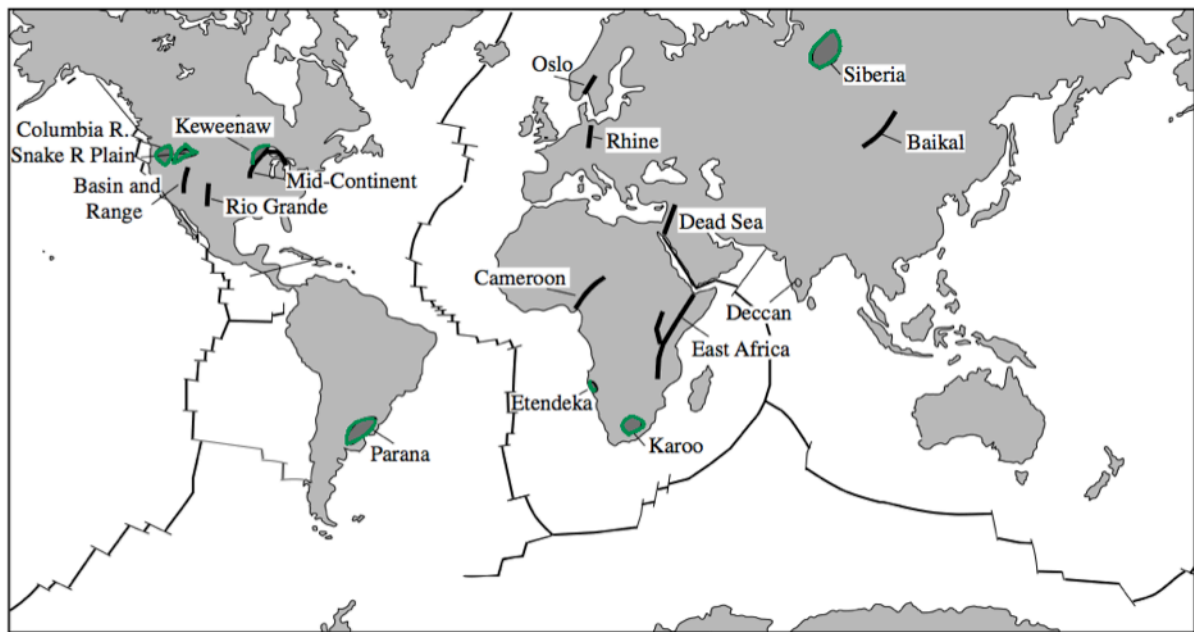


Fig. 6.2. Mapa que apresenta a localização das maiores CFB (zonas rodeadas a verde) e a localização dos maiores riftes continentais (linhas mais escuras) (adaptado de Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

6.1.1. Basaltos de ilhas oceânicas (OIB)

O resultado mais comum deste tipo de vulcanismo são as numerosas ilhas que povoam os oceanos em todo o planeta. As montanhas submarinas também representam uma proporção importante neste tipo de atividade vulcânica, que se concentram ao longo de zonas de fratura, ligadas a uma rede de condutas que permitem que o magma alcance a superfície do fundo oceânico. Muitas ilhas e montanhas submarinas constituem alinhamentos, em que existe uma relação progressiva em termos de idade. Um dos casos mais conhecidos e melhor estudados é o da cadeia vulcânica *Hawaiian-Emperor*, já referida no capítulo 2. Estes casos estão relacionados com vulcanismo ao nível de hotspots associados a plumas térmicas, originadas em zonas mais profundas do manto (Winter, 2001).

Deste tipo de vulcanismo resultam principalmente duas séries magmáticas. O magma mais comum pertence à série toleítica (OIT – *Ocean Island Tholeiitic Basalt*), havendo também uma série alcalina (OIA – *Ocean Island Alkaline Basalt*). A atividade mais recente em algumas ilhas é predominantemente toleítica, como no *Hawaii*, enquanto noutras ilhas tem

um carácter mais alcalino, como por exemplo em ilhas do Atlântico, que incluem os Açores (Winter, 2001).

No que se refere à composição mineralógica, na série toleítica dos OIBs, a olivina é o fenocristal dominante, estando normalmente a plagioclase e a clinopiroxena presentes apenas na matriz. São por vezes encontrados alguns fenocristais de clinopiroxena, mas são mais ricos em magnésio comparativamente com os da matriz. Representam, provavelmente, uma porção de cristais formada a maior profundidade. Os OIAs são caracterizados por uma elevada quantidade de álcalis (N_2O , K_2O). A olivina está presente como fenocristal e também na matriz. Normalmente está presente apenas uma piroxena, a augite de cor castanha e rica em Ti. Surgem também feldspatóides, como a nefelina, leucite e sodalite.

O enriquecimento em elementos incompatíveis com o manto é uma característica típica dos OIB (Winter, 2001). Os elementos do tipo LIL (*Large Ion Lithophile*) têm raio iónico grande e número de valência reduzido, compreendem entre outros o K^+ , Rb^+ , Cs^+ , Ba^{2+} , Pb^{2+} e Sr^{2+} . Os elementos HFS (*High Field Strength*) apresentam raios iónicos pequenos mas número de valência elevado como o Th^{4+} , U^{4+} , Ce^{4+} , Zr^{4+} , Hf^{4+} , Nb^{5+} , Ta^{5+} e Ti^{4+} .

Relativamente à génese do magma que origina os OIB, os dados geoquímicos indicam que seja proveniente de um reservatório não empobrecido, como o que se situa no manto abaixo da zona de transição, ou seja a uma profundidade superior a 660 Km (Winter, 2001). A figura 6.3. pretende representar um modelo explicativo para a proveniência dos OIB. O reservatório deste magma será bastante heterogéneo, com a intervenção dos vários reservatórios geoquímicos do manto (BSE, PREMA, EMI, EMII e HIMU). Em consonância com o apresentado no capítulo 5, segundo este modelo, presume-se que o EMII e HIMU sejam derivados da crosta, antiga crosta oceânica ou sedimentos resultantes da crosta continental que poderão ter sofrido alterações pela água do mar e sua posterior adição ao manto. O manto é claramente uma zona dinâmica, heterogénea e variável com o tempo. Ao longo do tempo, porções do manto terão perdido elementos incompatíveis e componentes voláteis para os líquidos resultantes da sua fusão parcial, enriquecendo ou empobrecendo determinadas zonas do manto a maiores ou menores profundidades. Localmente, há áreas parcialmente fundidas, sendo que à medida que o material ascende, incorpora partes dos diferentes reservatórios que encontra. É assumido em alguns modelos, que a própria formação dos reservatórios, nomeadamente a do HIMU, terá por base a mistura de material

milhões de anos foi requerida a presença de material fundido, enriquecido em voláteis (por exemplo, H_2O e CO_2) e elementos incompatíveis. À medida que este material ascende, tende a concentrar-se formando uma camada de material fundido (a verde na Fig. 6.4.) acima da zona LVZ. Pequenas porções deste material ascendem e cristalizam, interagindo com os peridotitos existentes naquele meio e formando filões metassomáticos, antes de serem completamente absorvidos pelo material envolvente. Posteriormente uma parte do manto, provavelmente sob a forma de plumas, ascende e funde parcialmente por decompressão. Estas plumas deverão acrecionar elementos incompatíveis presentes na camada fluida e ao continuar a ascensão através da litosfera poderão assimilar material dos filões metassomáticos já formados, constituindo-se assim o magma que origina os OIB. Em forma de conclusão, na formação dos OIB entram três componentes: a) fonte de material enriquecido do manto proveniente de zonas mais profundas, provavelmente sob a forma de plumas; b) a camada fluida no topo da LVZ e c) assimilação de filões metassomáticos. É de salientar, que o material enriquecido proveniente do manto a maiores profundidades será dominante em termos de volume, de natureza peridotítica, devendo conter porções metassomatizadas de antiga litosfera oceânica reciclada e provavelmente enriquecida em voláteis e elementos incompatíveis (Niu, 2009).

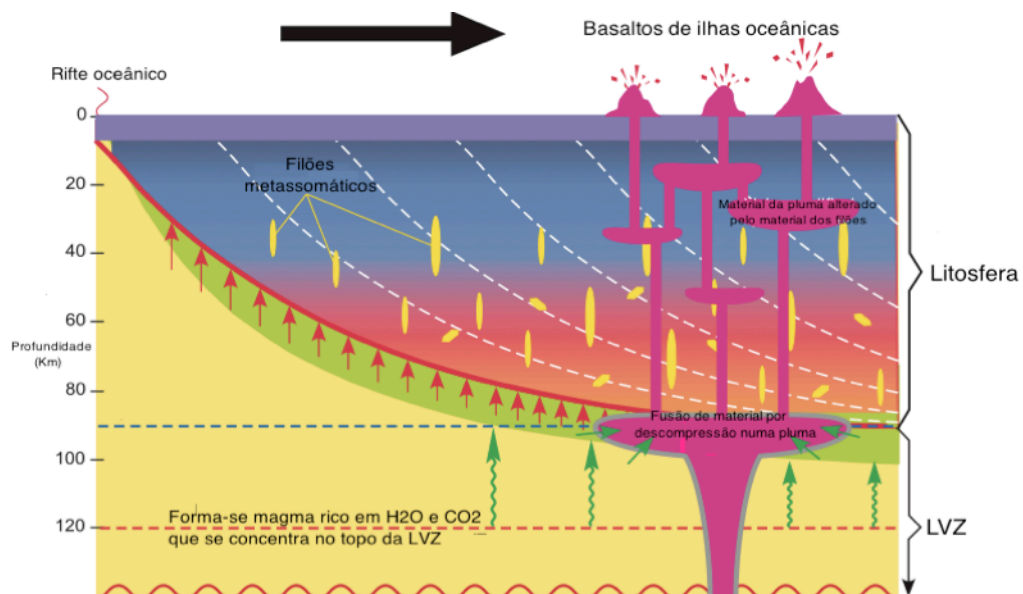


Fig. 6.4. Modelo explicativo que tenta demonstrar que o metassomatismo do manto deve ter lugar na interface entre a zona de crescimento da litosfera oceânica e o topo da LVZ, onde existirá uma camada de material fundido (verde) enriquecido em voláteis e elementos incompatíveis (adaptado de Niu, 2009).

6.1.2. Largas Províncias Ígneas (LIPs)

Ao longo do passado geológico do nosso planeta, ocorreram episódios em que foram libertadas grandes quantidades de lavas basálticas fluidas que ocuparam áreas extensas em determinadas zonas oceânicas e continentais.

Vou debruçar-me essencialmente sobre os CFBs (*Continental Flood Basalts*), que são as manifestações continentais destes fenómenos mais facilmente observados. As lavas extruídas seriam anormalmente fluidas e em quantidades superiores a qualquer manifestação de vulcanismo continental observada atualmente, cobrindo áreas muito extensas e estando associadas à abertura de fissuras em processos de formação de riftes, em zonas continentais.

Na tabela 6.1. estão registadas as idades e dimensões dos principais CFBs.

Um processo de *rifting* pode levar à separação continental e formação de uma bacia oceânica. A província de *Keweenaw* tem sido interpretada como estando associada a um processo falhado de formação de um rifte, tendo em conta que não se conhece a formação de um novo oceano (Garner, 1996), assim como a *Siberian Traps* (Winter, 2001). As províncias *Parana*, *Karoo*, *North Atlantic* e *Antarctic* ocorrem em locais onde se deu a fragmentação continental que levou à abertura dos oceanos Atlântico e Índico. Todos os dados analisados nos materiais encontrados na província do *Parana* estão muito próximos dos que foram obtidos em *Etendeka*, presumindo-se que são parte da mesma lava libertada na fragmentação do Gondwana, durante os períodos Jurássico e Cretácico (Garner, 1996).

Tabela 6.1. Idades e dimensões dos maiores CFBs (adaptado de Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014)

CFB	Localização	Idade (Ma)	Área (Km ²)	Espessura (m)
<i>Snake River Plain</i>	Idaho, USA	16- presente	5x10 ⁵	acima dos 1200
<i>Columbia River</i>	NW USA	16-6	2x10 ⁵	> 1500
<i>Deccan Traps</i>	India	65-50	> 5x10 ⁵	> 2000
<i>Paraná Plateau</i>	Brasil	149-119	12x10 ⁵	1800
<i>Karoo</i>	S. Africa	206-216	> 1,4x10 ⁵	9000
<i>Siberian Traps</i>	Russia	245-216	>15x10 ⁵	3500
<i>Keweenaw</i>	Lake Superior, USA	1200-1050	>1x10 ⁵	12000

Os CFBs são maioritariamente de natureza toleítica. Os fenocristais são escassos, apresentando normalmente textura afanítica. Quando presentes, a plagioclase é o mineral mais abundante e é acompanhado por augite, pigeonite e magnetite titanífera, como principais minerais ferromagnesianos, enquanto a olivina surge em menor quantidade (adaptado de Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014). O conteúdo em elementos traço compatíveis como o Ni e Cr é baixo, sugerindo que não resultaram de magmas primários, ao invés sofreram processos de substancial cristalização fracionada, antes da extrusão. São também caracterizados por elevadas concentrações de elementos traço incompatíveis, o K₂O e outros LILs e elementos de terras raras leves (LREE). Esta composição requer várias fontes para explicar a sua formação, incluindo material enriquecido, o que sugere o envolvimento da crosta continental ou partes de manto enriquecido (Winter, 2001).

A figura 6.5. é um diagrama que ilustra três modelos explicativos para a origem dos CFBs. O principal mecanismo é o que aponta para uma pluma hotspot, a iniciar um processo de *rifting* intracontinental. O magmatismo que gerou os fluxos basálticos continentais é geralmente associado aos primeiros estágios de desenvolvimento dos riftes. A pluma hotspot ter-se-á originado, provavelmente, a uma profundidade superior a 660 Km. A existência de um reservatório na base da crosta também acompanha qualquer modelo explicativo da génese dos CFBs. A atividade relacionada com plumas hotspot pode produzir magmas máficos, no interior de um continente sem que haja um processo de *rifting* em larga escala, o que é demonstrado pelo hotspot *Snake River- Yellowstone* no NW dos Estados Unidos. O outro modelo presente na figura, representa a formação de um rifte num sistema de *back-arc*, criando uma bacia ensialica, apontando para uma relação com o processo de subducção. A província *Columbia River* é apontada por muitos como resultado de uma situação deste tipo, em que a separação não se concretizou (Winter, 2001).

Todos os reservatórios do manto que foram referidos para a génese dos OIB, estarão também aqui incluídos. Os sedimentos continentais na cunha formada na parte frontal do arco vulcânico, são tidos como uma possível fonte adicional de materiais enriquecidos adicionados à crosta oceânica subductada (Winter, 2001).

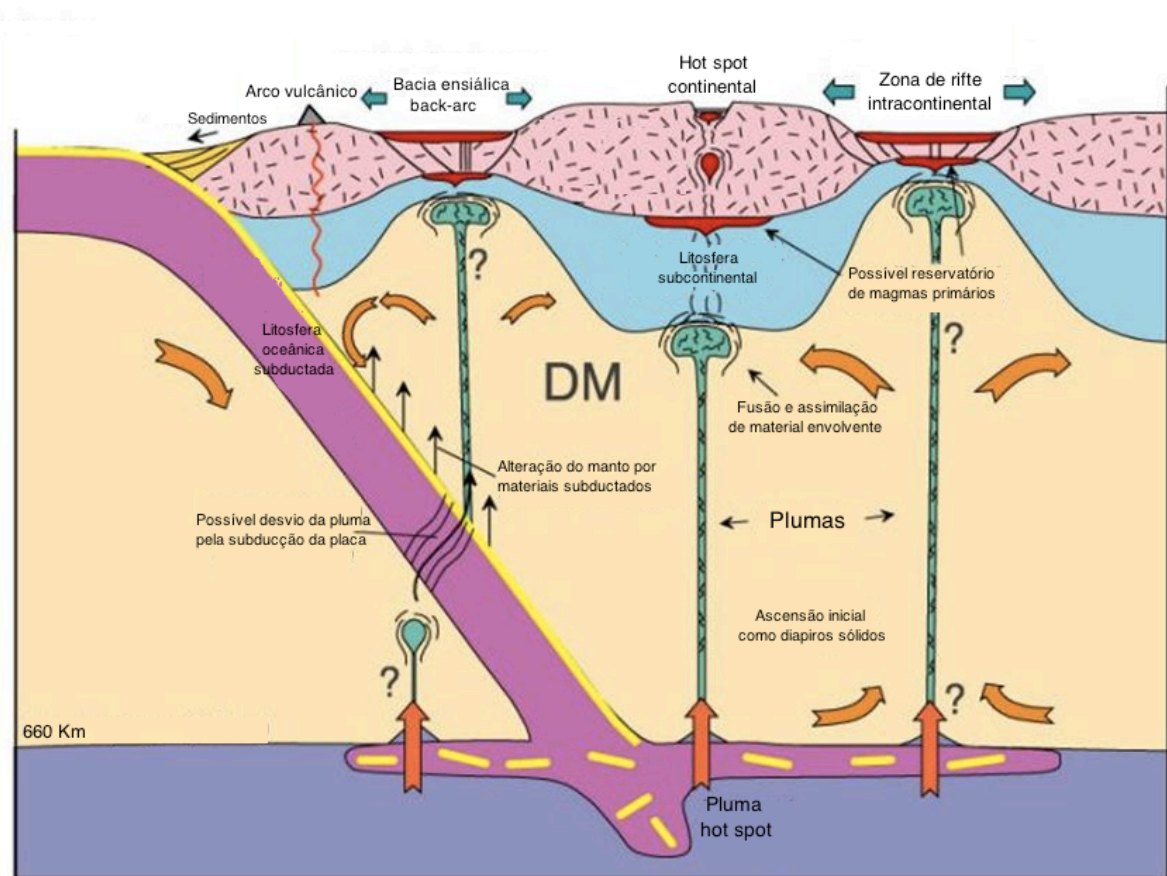


Fig. 6.5. Diagrama esquemático ilustrativo de possíveis modelos para a génese dos fluxos basálticos continentais (CFBs). DM é o manto empobrecido enquanto que o reservatório abaixo dos 660 km é o material enriquecido, possível fonte dos OIB (adaptado de Winter, 2001).

A idade atribuída atualmente à província do Decão (Índia), embora tenha havido alguma controvérsia, coloca o pico da atividade vulcânica que lhe terá dado origem entre os 65 e 60 Ma, muito próximo do limite entre o Cretácico e o Terciário. Este limite está marcado por uma extinção em massa, o que levou alguns autores a sugerir o intenso vulcanismo no Decão, com a libertação de grandes quantidades de gases e poeiras para a atmosfera, capaz de bloquear a luz do sol durante anos, como a causa para essa extinção (Winter, 2001).

6.2. Magmatismo em limites divergentes

Mais de 60% do fluxo de magma no nosso planeta, está associado às zonas dos riftes médio-oceânicos. Estes limites divergentes entre as placas tectónicas constituem-se no local do vulcanismo e plutonismo que origina a crosta oceânica, cobrindo mais de 70% da superfície da Terra.

O sistema de riftes forma uma cadeia montanhosa submarina contínua com cerca de 65000 Km, ocupando cerca de 1/3 do fundo oceânico (Winter, 2001).

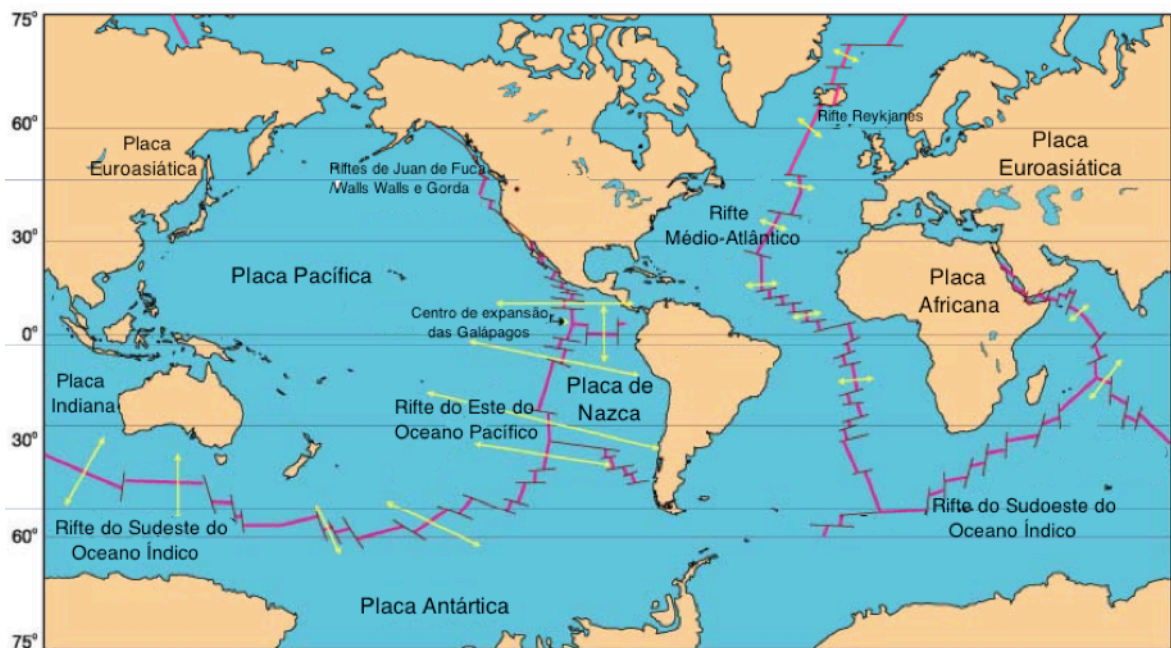


Fig. 6.6. Mapa representativo do sistema de riftes dos fundos oceânicos. O tamanho dos vetores representados a amarelo são proporcionais às taxas de expansão naqueles locais (adaptado de Winter, 2001).

Os magmas libertados nestes locais passam, tipicamente, por uma menor modificação e diferenciação a partir do magma primário que lhe deu origem, comparativamente aos magmas extrudidos em ambiente continental ou ilhas oceânicas. O tipo de rocha mais abundante, formada nestes locais é o basalto, chamado de MORB (*Middle Ocean Ridge Basalt*), basaltos do rifte médio-oceânico.

Diferenças na morfologia das dorsais oceânicas

Estudos geofísicos revelam diferenças significativas na taxa de expansão que se verifica ao longo das zonas de rifte e que estas zonas apresentam por isso diferente

morfologia, traduzindo-se em características distintas ao nível da secção de crosta oceânica. Ao longo dos riftes a taxa de expansão não é a mesma para todos os segmentos, tendo-se aqui em conta valores médios.

Riftes com taxa de expansão inferiores a 3 cm/ano são considerados riftes de expansão lenta (como é o caso do rifte médio-atlântico, que se situa entre 1 a 2 cm/ano), enquanto que os que apresentam uma taxa superior a 4 cm/ano são considerados riftes de expansão rápida (Winter, 2001). Os riftes com expansão rápida, como é o caso do rifte do Pacífico Este, apresentam um vale axial pouco desenvolvido, caracterizando-se por uma zona de extrusão de magma com cerca de 2,5 a 3 Km de largura, criando uma ligeira elevação de aproximadamente 200 metros. Apresentam-se menos interrompidos por falhas do que os riftes de expansão lenta. Estudos sísmicos revelam a existência de grandes reservatórios de magma por baixo destas zonas. São características deste tipo de rifte as erupções fissurais (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014; Winter, 2001). Os riftes com expansão lenta são caracterizados por um vale axial com 25 a 30 Km de largura, rodeado por elevações. No interior deste vale, existe um outro com uma largura entre 3 a 9 Km, onde está concentrada a atividade vulcânica. Pequenas elevações vulcânicas ocorrem neste vale, o que demonstra que a atividade vulcânica não é espacial nem temporalmente contínua. Existirá um reservatório de magma com cerca de 3 Km de largura ou em cada elevação haverá um reservatório de menores dimensões com menos de 1,5 Km de largura, estando esta segunda hipótese mais de acordo com os dados sísmicos existentes (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

Estrutura da crosta oceânica e manto superior

A compreensão da petrologia da litosfera oceânica foi bastante incrementada por estudos em séries ofiolíticas. Como já havia sido referido, os ofiolitos são considerados porções da crosta oceânica e manto superior, localizados e estudados inicialmente sobre a crosta continental devido a processos de obducção. A figura 6.7. representa a sequência típica de uma série ofiolítica, estabelecida por geólogos na Conferência de *Penrose*, em 1972. A camada superior é composta por sedimentos submarinos detríticos finos (argilitos, siltitos), podendo ocorrer também chertes e a sua espessura é diretamente proporcional à idade da crosta. Logo abaixo dos sedimentos encontra-se uma camada de basaltos em forma de *pillow* lavas, representando lavas que foram libertadas diretamente no fundo oceânico.

Numa 3ª camada surge uma rede de diques, em que diques mais recentes intruem em diques anteriormente formados. Por baixo desta camada encontra-se uma zona de gabros e abaixo desta, peridotitos com uma estrutura foliada. O contacto entre os gabros e os peridotitos corresponde à descontinuidade sísmica de Moho. No entanto, como os peridotitos são interpretados como resultado da acumulação de magma basáltico, não estão aqui relacionados com o manto, representando uma porção ultramáfica da crosta. Na base da sequência encontra-se um peridotito com um nível de deformação elevado, que é interpretado como manto empobrecido por fusão parcial durante a génese de basaltos (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).







Espessura (Km)			
Sedimentos		Camada 1	0,5
Pillow lavas		Camada 2	1,7
Rede de diques			1,8
Gabro		Camada 3	3,0
Peridotito foliado		Moho sísmica	
Peridotito com elevada deformação		Moho petrológica	
		Camada 4	

Fig. 6.7. Estratigrafia da sequência típica de um ofiolito (adaptado de Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

Na figura 6.8. é feita uma representação das diferentes camadas que constituem a crosta oceânica e a comparação ao nível da espessura de cada camada, com um ofiolito típico.

Litologias		Camadas da crosta oceânica	Espessura típica ofiolito (Km)	Espessura crosta oceânica normal (Km)
Sedimentos		1	≈0,3	≈0,5
Lavas basálticas em almofada <i>Pillow lavas</i>		2A e 2B	0,5	0,5
Rede de diques		2C	1,0-1,5	1,5
Gabro		3A	2 - 5 Moho sísmica	4,7
Gabro foliado		3B		
Peridotito foliado		4	Superior a 7	
Peridotito com elevada deformação				

Fig. 6.8. Representação esquemática da crosta oceânica baseada em dados recolhidos em ofiolitos (adaptado de Winter, 2001).

A camada 1 é constituída por sedimentos pelágicos, estando ausente na nova crosta oceânica gerada no rifte e sendo cada vez mais espessa à medida que há um afastamento do eixo do rifte. A camada 2 é de natureza basáltica e pode ser subdividida em subcamadas, a camada 2A compreende basaltos em almofada e a camada 2B uma rede de diques verticais, em que diques mais recentes intruem em diques anteriormente formados. A camada 2A, tendo em conta a menor velocidade das ondas sísmicas, apresentará uma maior porosidade. A camada 2C representa a continuidade da rede de diques. A camada 3 é mais complexa e controversa, mas de forma geral é tida como sendo constituída maioritariamente por gabros cristalizados a partir de um reservatório de magma axial, situado a baixa profundidade, que “alimenta” os diques e basaltos das camadas superiores. A foliação dos gabros é mais evidente na camada 3B. O limite entre a camada 3 e a 4 corresponde à descontinuidade sísmica de Moho e a camada 4 é constituída por rochas ultramáficas (Winter, 2001).

Existem analogias convincentes entre a crosta oceânica e os ofiolitos encontrados nos continentes, mas também existem algumas diferenças. Duas dessas diferenças referem-se ao facto das camadas nos ofiolitos serem geralmente menos espessas que as equivalentes oceânicas e a composição química é mais enriquecida e sílica. Isto sugere que os ofiolitos poderão estar associados a bacias de *back-arc*, que se formam entre o arco vulcânico e o continente nas zonas de subducção (Winter, 2001). À medida que foram sendo feitos estudos, tornou-se evidente que os ofiolitos se formam em diversos contextos tectónicos e nem todos refletem a estratigrafia do fundo oceânico, produzido nas zonas de rifte (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

Petrografia e Mineralogia dos basaltos MORB

Os basaltos do tipo MORB são de composição toleítica, com olivina, baixo K_2O ($<0,2\%$) e baixo TiO_2 ($<20\%$), em comparação com outros basaltos, o que os torna quimicamente distintos (Winter, 2001). Os três principais minerais encontrados nos MORB são a plagioclase, olivina e augite (clinopiroxena). A olivina e a plagioclase surgem frequentemente como fenocristais. A clinopiroxena aparece como fenocristal num MORB que tenha evoluído significativamente a partir da sua composição primitiva, surgindo de forma mais frequente na matriz, associada a plagioclase + olivina + óxidos. Nos MORBs altamente evoluídos a ortopiroxena ou pigeonite podem substituir a olivina. Os óxidos de Fe-Ti são comuns, embora cristalizem mais tarde no processo de arrefecimento da lava.

Os MORB são normalmente extrudidos a temperaturas de $\approx 1200^\circ C$, em ambiente submarino que ronda os $2^\circ C$, levando a um arrefecimento tão rápido que os cristais têm pouco tempo para se desenvolverem. Assim a textura típica de um MORB é vítrea ou de grão muito fino e raramente contém uma percentagem superior a 10% de fenocristais. Dado este rápido arrefecimento, mesmo os primeiros cristais formados são bastante pequenos (menores que alguns mm), sendo chamados microfenocristais. A presença de fenocristais que atingem cm é rara. Contudo, pode haver fenocristais maiores que se tenham formado ainda na câmara magmática ou durante a ascensão do magma.

Génese dos MORB

Os elementos traço caraterísticos dos MORB sugerem que a rocha do manto que por fusão parcial deu origem ao magma foi o lherzolito (variedade de peridotito com aproximadamente igual quantidade de olivina, ortopiroxena e clinopiroxena) com espinela ou plagioclase, o que é consistente com os dados de análise da propagação das ondas sísmicas P e S. Estes dados sugerem que a fusão é iniciada entre os 60 e 80 Km de profundidade, ocorrendo segregação a cerca de 20 Km, para ascender e atingir os reservatórios de magma (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

São vários os processos dos quais resulta a composição dos MORB, tendo início com formação de magmas, por fusão parcial a várias profundidades, de lherzolitos produzindo magmas parentais com uma composição variada dentro de certos limites. Estes magmas iniciam a cristalização durante a ascensão, podendo ocorrer a mistura de magmas provenientes de diferentes profundidades. Este material move-se para reservatórios em zonas pouco profundas (a baixa pressão), onde a sua composição é alterada por diferenciação magmática. Provavelmente existe interação dos magmas com as rochas envolventes, o que afetará também a sua composição (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

Os basaltos gerados nos riftes médio-oceânicos são frequentemente do tipo “normal” ou N-MORB e os basaltos associados a hotspots ou em zonas próximas, que exibem elevadas concentrações de elementos incompatíveis, são conhecidos por E-MORB, ou seja, MORB enriquecidos. Os T- MORB ou MORB de transição resultam provavelmente de uma mistura de N e E- MORB, durante a ascensão dos magmas e/ou nos reservatórios de magma a baixa profundidade. A Islândia e as Galápagos representam locais onde os basaltos toleíticos se formaram numa zona de divergência de placas, havendo também uma interação complexa com uma pluma mantélica hotspot.

O modelo petrogenético apresentado na figura 6.9. ilustra a fusão a iniciar-se com a separação das placas litosféricas, nos limites divergentes. O material que ascende do manto sofre decompressão adiabática e funde. Para o N-MORB a fusão é iniciada entre os 60 e os 80 Km de profundidade, correspondendo a um manto empobrecido em elementos traço. A porção de material fundido depende da profundidade da fonte, temperatura e da velocidade de ascensão e expansão nestas zonas. À medida que o material mantélico flui, pode acontecer que seja induzido e adicionado material enriquecido em elementos traço,

proveniente do manto inferior, em forma de pluma. Esta pluma também sofre descompressão formando um magma que dará origem ao E-MORB. A mistura de vários fluidos E-MORB e N-MORB verificar-se-á a diferentes profundidades do manto e a cristalização fracionada terá também lugar antes e depois dessa mistura, particularmente em segmentos do rifte com uma lenta expansão (Winter, 2001).

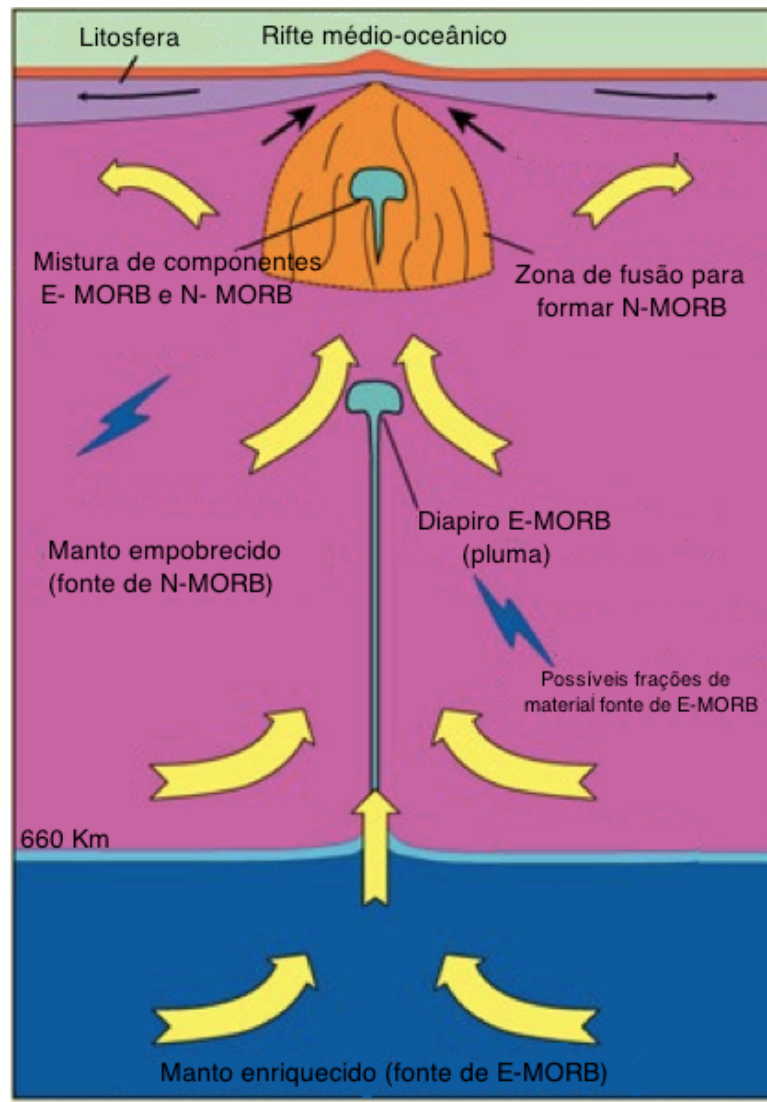


Fig. 6.9. Modelo petrogenético para a formação de magmas MORB (adaptado de Winter, 2001).

6.3. Magmatismo em limites convergentes

Muitas das cidades mais densamente povoadas do mundo encontram-se ao longo de arcos vulcânicos, em limites convergentes, encontrando-se também nesse contexto as

maiores reservas de recursos naturais, como o ouro, cobre e petróleo (Sen, 2014). Torna-se assim importante a compreensão acerca dos processos geológicos que decorrem nestes locais. A nível global no planeta, a maior parte da subducção localiza-se no anel de fogo do pacífico, a parte Oeste é caracterizada por arcos insulares, resultado da convergência de duas placas oceânicas, enquanto que a margem Este é marcada pela subducção de placas oceânicas sob placas continentais, formando-se arcos continentais.

6.3.1. Arcos insulares

Os arcos insulares resultam da subducção de uma placa oceânica sob uma outra placa oceânica. Nos arcos insulares mais recentes as rochas plutónicas raramente estão expostas, sendo que a maior parte da informação petrológica provém dos materiais vulcânicos extrudidos. Como exemplos de arcos insulares podem referir-se os seguintes: o arco das Aleutas, das Marianas, da Indonésia e o arco do Caribe.

Os arcos insulares apresentam normalmente 200 a 300 Km de largura e milhares de Km de comprimento. A taxa de subducção varia entre 0,9 e 10,8 cm/ano e os ângulos de “mergulho” da placa subductada variam entre os 30° e a quase verticalidade (Winter, 2001). A zona de *Wadati-Benioff* marca a localização da litosfera subductada.

O que acontece à placa quando atinge a profundidade do manto continua a ser objeto de estudo, sendo que algumas parecem atingir a parte inferior do manto, enquanto que outras são incapazes de ir além da descontinuidade dos 670 Km (Sen, 2014). Na figura 6.10. está representado um perfil esquemático de um arco insular. Por trás do arco vulcânico, desenvolve-se uma bacia anterior, onde é criada uma fina crusta oceânica típica do vulcanismo do tipo MORB. Na bacia frontal, havendo um elevado fluxo de sedimentos, forma-se uma estrutura designada de prisma acrecionário, como resultado da acumulação, aprisionamento e deformação desses sedimentos. Fragmentos da crusta e manto da frente do arco, podem sofrer obducção, carreando a estrutura ofiolítica, embora seja mais frequente na colisão entre placa oceânica-placa continental.

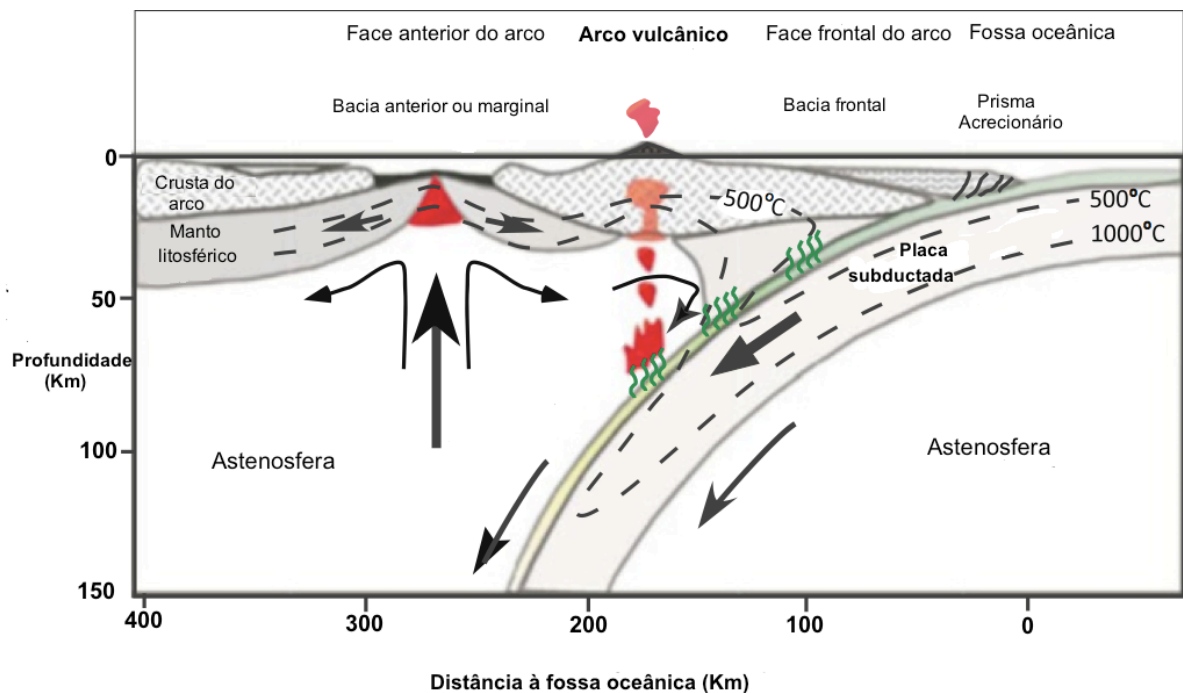


Fig. 6.10. Representação esquemática de um arco insular, com os principais elementos que o constituem. As linhas a verde representam os fluidos libertados da placa subductada e a vermelho está representado o magma (adaptado de Sen, 2014).

Petrografia e Mineralogia

Os andesitos e os andesitos basálticos são o tipo de rocha mais comum, embora em alguns vulcões de arcos, os basaltos representem mais de 80% dos produtos formados. Além destas rochas podem também ser encontrados dacitos e riolitos, no entanto de forma mais rara.

Nestas zonas de subducção coexistem as três séries magmáticas, calcoalcalina, toleítica e alcalina. No entanto, a série calcoalcalina é a mais abundante e está essencialmente restrita aos limites convergentes. Certamente será algum processo associado à subducção que conduz à formação de magmas calcoalcalinos. Os magmas alcalinos são os menos abundantes (Winter, 2001).

A mineralogia dos arcos insulares varia em função do conteúdo em sílica e do tipo de série magmática. A olivina, a augite e a plagioclase cálcica são fenocristais comuns em basaltos e andesitos basálticos. A hornblenda castanha e a biotite são fenocristais comuns em andesitos, dacitos e riolitos das séries calcoalcalinas e série alcalina. Esta mistura de minerais hidratados, sugere uma maior quantidade de água nas lavas que lhes deram origem. Em contraste, a série toleítica contém fenocristais de ortopiroxena e pigeonite, o

que indica uma menor quantidade de água e temperaturas de cristalização mais elevadas do que as outras séries (Sen, 2014). Em andesitos e dacitos é característico o predomínio de fenocristais de plagioclase cálcica com zonamento complexo.

Os dados dos elementos traço sugerem que os componentes dominantes dos basaltos dos arcos insulares são semelhantes à fonte dos MORB (manto empobrecido), juntamente com outros constituintes, como sedimentos da crosta oceânica e crosta oceânica alterada.

Petrogénese dos magmas em arcos insulares

Ao longo do tempo foram sendo publicados diversos modelos, a maior parte deles encontram-se em substancial acordo no que respeita às variáveis envolvidas, diferindo principalmente nas estimativas do regime térmico e da extensão em que é afetado, pelos vários mecanismos envolvidos. As isothermas serão mais elevadas se a taxa de convergência for mais baixa, a placa subductada mais recente e próxima do rifte e o arco mais jovem. Também é de comum acordo o facto das isothermas baixarem na placa subductada, comparativamente com o gradiente geotérmico fora da zona de subducção, o que significa que o aquecimento desta placa é bastante mais lento, o que vai afetar o comportamento de fusão do material subductado. Os dados existentes apontam para que apenas na cunha de manto acima da placa subductada, haja uma temperatura suficientemente alta para originar as temperaturas atingidas nas erupções dos arcos vulcânicos. A fusão parcial da crosta subductada ocorrerá, mas apenas para maiores profundidades. Assim, segundo o modelo petrogenético apresentado (Fig. 6.11.), a fusão da crosta subductada e da cunha de manto são as principais fontes de magma no caso dos arcos insulares (Winter, 2001).

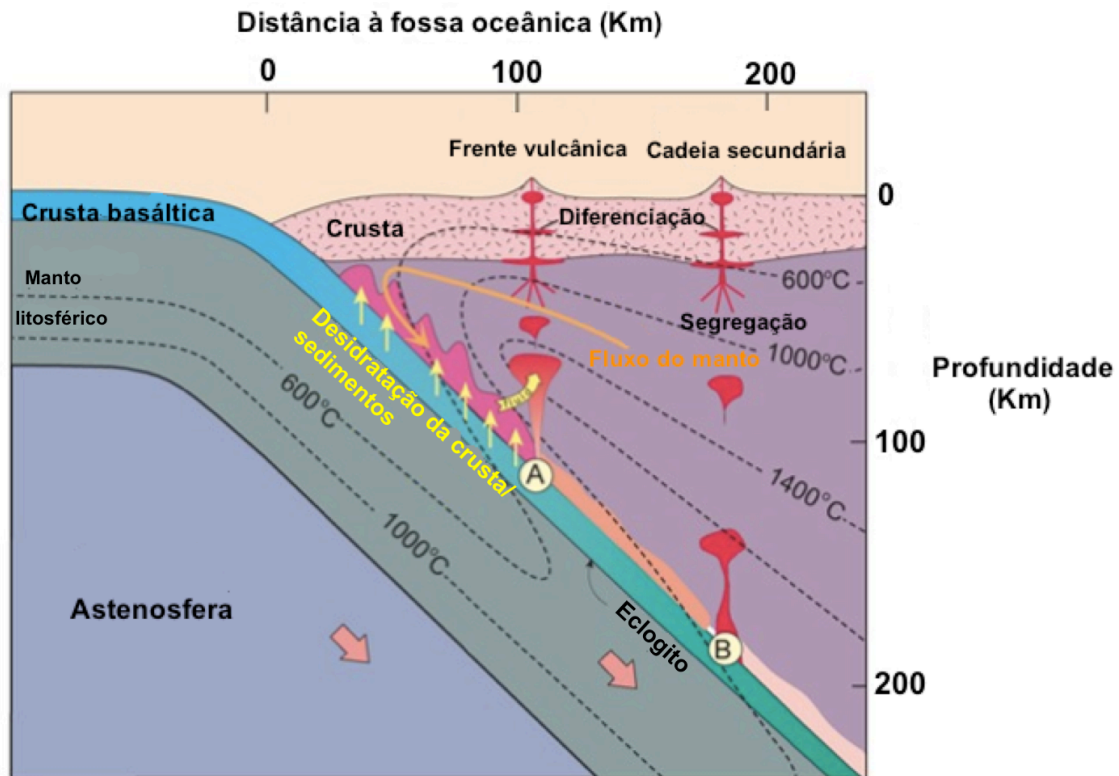


Fig. 6.11. Modelo petrogenético do magmatismo associado aos arcos insulares. A desidratação da placa subductada conduz à hidratação do manto, que sofre uma fusão parcial como anfíbolos (A) e flogopite (B) desidratada (adaptado de Winter, 2001).

Este modelo constitui uma base com os principais aspetos do magmatismo dos arcos insulares, sendo estes os seguintes:

- O aquecimento e desidratação da crosta oceânica subductada e sedimentos associados. Neste processo pode ocorrer alguma fusão parcial de material a nível local, principalmente em arcos jovens;
- A libertação de fluidos (voláteis) para a cunha de manto que se sobrepõem à placa subductada, contendo elementos dissolvidos;
- O arrastamento do peridotito hidratado para grandes profundidades, onde ocorre desidratação, iniciando-se a fusão parcial, formando um magma basáltico olivínico toleítico;
- Cristalização fracionada do magma toleítico na base da crosta do arco, para originar um magma basáltico com elevado teor em alumina. A formação de grandes reservatórios de magma máfico na base da crosta, pode levar à fusão de porções desta crosta, produzindo fluidos silicatados que se misturam com fluidos máficos, durante o seu percurso até à superfície;

- Diferenciação das séries toleítica e calcoalcalina em níveis crustais superiores, originando a variedade de produtos encontrados à superfície. Os magmas que não alcançam a superfície originam plutões;
- Magmas mais alcalinos podem formar-se na parte mais anterior do arco, onde estão disponíveis menos fluidos relacionados com a zona de subducção;
- Na zona anterior do arco, o fluxo de material do manto pode levar à subida desse material originando vulcanismo, o que por sua vez pode conduzir à formação de bacias marginais.
- A fusão parcial da crosta subductada (principalmente metabasaltos e metagabros mais sedimentos oceânicos) origina a formação de magmas de composição intermédia, formando adakitos.

6.3.2. Arcos continentais

Como já mencionado, os arcos continentais surgem em áreas onde a litosfera oceânica é subductada por baixo da litosfera continental, ocorrendo vulcanismo em cadeias de vulcões junto da margem continental. Este contexto tectónico envolve, entre outros, as montanhas dos Andes, o Arco Vulcânico da América Central e o Arco Vulcânico das *Cascades* em território dos EUA e Canadá.

Os arcos continentais são similares aos arcos insulares, sendo que a principal diferença constitui-se na presença de crosta continental, com uma espessura superior a 70 Km acima da zona de subducção, a qual deverá afetar a formação de magmas neste contexto tectónico. Os magmas gerados na cunha de manto ou a partir da placa subductada têm de atravessar a crosta sílica, rica em elementos incompatíveis, antes de atingir a superfície. Tendo em conta as diferenças composicionais destes materiais, é provável que ocorra contaminação crustal. A densidade mais baixa da crosta deverá retardar o movimento de magmas máficos e intermédios, ocorrendo uma maior assimilação e/ou diferenciação em corpos magmáticos estagnados. Além disto, o ponto de fusão da crosta continental deverá ser suficientemente baixo para que seja parcialmente fundida, devido ao calor libertado pela subida e acumulação dos magmas mais básicos e mais quentes na base da crosta, o que também contribuirá para a adição de materiais siliciosos. O vulcanismo associado a arcos continentais deverá ser mais enriquecido ao nível da sílica, potássio e

sódio comparativamente com o dos arcos insulares (Winter, 2001), levando à formação de riolitos (situação que não acontece nos arcos insulares). Todos os componentes envolvidos neste tipo de contexto, fazem com que seja o ambiente tectónico mais complexo no planeta.

Petrografia e Mineralogia

As séries magmáticas presentes ao longo das margens continentais são composicionalmente semelhantes às encontradas nos arcos insulares, registando uma abundância de rochas ricas em sílica, como o dacito e o riolito. Resultam assim grandes quantidades de andesito e dacito, petrologicamente similares às encontradas nos arcos insulares (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014), às quais vamos ter a adição de riolitos.

As rochas plutónicas expostas com maior frequência neste tipo de arco são geralmente o gabro, o diorito, o tonalito, o granodiorito e o granito. Os minerais característicos são a plagioclase, feldspato alcalino, quartzo, anfíbola, biotite, magnetite e ilmnite. As piroxenas podem ser encontradas pontualmente, enquanto a esfena e a apatite são minerais acessórios comuns. A anfíbola é maioritariamente a hornblenda e ao contrário do que acontece nas rochas vulcânicas, é abundante e bem desenvolvida nas rochas plutónicas, refletindo a cristalização destas rochas na presença de maior quantidade de água, relativamente às rochas vulcânicas (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

Em alguns arcos que sofreram erosão ao longo do tempo, foram expostos batólitos graníticos, que representam algumas das mais volumosas intrusões graníticas que se conhecem no mundo.

Petrogénese dos magmas em arcos continentais

Da mesma forma do que pensa verificar-se nos arcos insulares, o magmatismo dos arcos continentais tem a sua principal fonte nos peridotitos da cunha de manto, onde a fusão é induzida pela adição de fluidos enriquecidos, a partir da desidratação da placa subductada e também na crosta subductada. O magma resultante é provavelmente basáltico olivínico toleítico. A fusão parcial da crosta subductada leva à formação de magmas de composição intermédia, originando adakitos, à semelhança do registado para os arcos insulares. No entanto, estes magmas primários, tendo suprajacente uma crosta espessa deverão permanecer na base da crosta, onde sofrem extensa cristalização fracionada e assimilação. É provável que ocorra também a fusão de rochas na base da crosta. O termo

MASH (*Melting, Assimilation, Storage e Homogenization*) foi utilizado para designar a combinação de um conjunto de fenómenos que se pensa ocorrerem na base da crosta, ou seja, a fusão, assimilação, armazenamento e homogeneização (Winter, 2001).

Os magmas resultantes da fusão parcial da crosta continental tendem a ser félsicos e são a maior razão para que os arcos continentais contenham em média mais rochas siliciosas do que os arcos insulares (Frost, R.B. & Frost, C. D., 2014).

A presença nos arcos continentais de magmas mais siliciosos e enriquecidos e a correlação com a existência de uma crosta continental espessa, indica claramente o papel importante da crosta na petrogénese dos arcos continentais e rochas associadas.

Em determinados arcos continentais, como os Andes, os materiais resultantes da erosão da crosta e os sedimentos arrastados para a zona de fusão, constituirão também uma fonte de enriquecimento dos magmas em elementos, essencialmente em elementos incompatíveis.

Possivelmente as fontes de magmas neste tipo de contexto tectónico incluem a crosta oceânica e os sedimentos subductados, a cunha mantélica, que será uma mistura heterogénea de material mais e menos enriquecido, a crosta continental heterogénea e a litosfera mantélica subcontinental (Winter, 2001). A origem dos andesitos é geralmente tida como resultado da contaminação do magma basáltico gerado na cunha mantélica pela crosta, enquanto os adakitos têm uma composição semelhante aos andesitos (razões mais elevadas de Sr/Y e La/Yb) mas são gerados pela fusão parcial da crosta oceânica subductada.

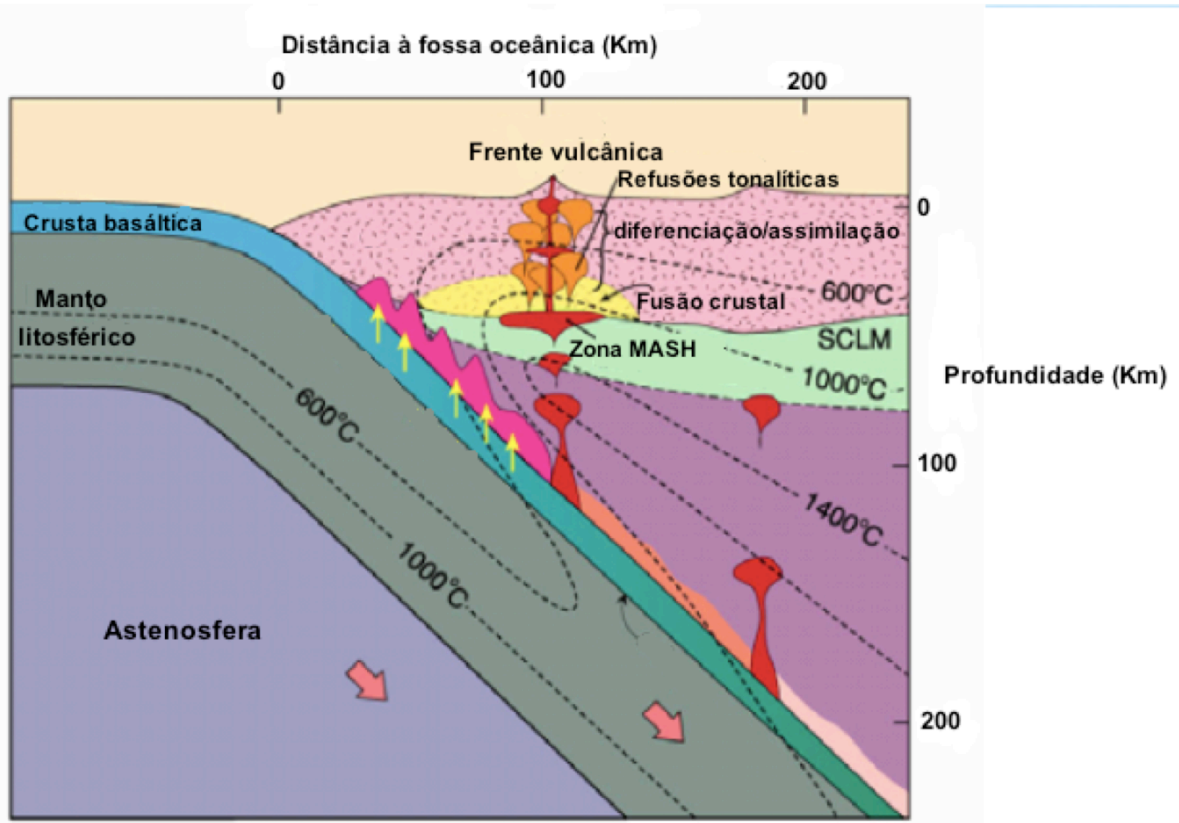


Fig. 6.12. Modelo petrogenético do magmatismo associado aos arcos continentais. Está representada a desidratação da placa subductada, a hidratação e fusão da cunha de manto heterogêneo e o local onde o MASH ocorre. Os magmas ao atravessarem a crosta continental devem sofrer diferenciação e/ou assimilação dessa mesma crosta (adaptado de Winter, 2001).

6.3.3. Colisão continental

A colisão continental é a consequência natural do movimento das placas tectónicas, que envolve um ciclo de Wilson completo, com abertura e fecho de bacias oceânicas. Da colisão continental resulta a formação de cadeias orogénicas, que são acompanhadas por magmatismo, metamorfismo, deformação e espessamento crustal. É o ambiente tectónico que a par do ambiente colisional placa oceânica – placa continental, gera a maior abundância de granitóides, principalmente granitos.

Segundo Cawood, *et al.* (2009), as orogénias continentais podem ser agrupadas em três tipos: colisional, acrecionária e intracratónica (Fig. 6.13). As orogénias colisionais formam-se através da colisão de fragmentos de litosfera continental, as acrecionárias ocorrem em locais de contínua subducção de placa oceânica e as intracratónicas situam-se no interior de um continente, fora de uma margem ativa. A colisão continental e o terminar

do processo de subducção em orogénias colisionais é geralmente precedida por uma fase acrecionária relacionada com a subducção e fecho de um oceano.

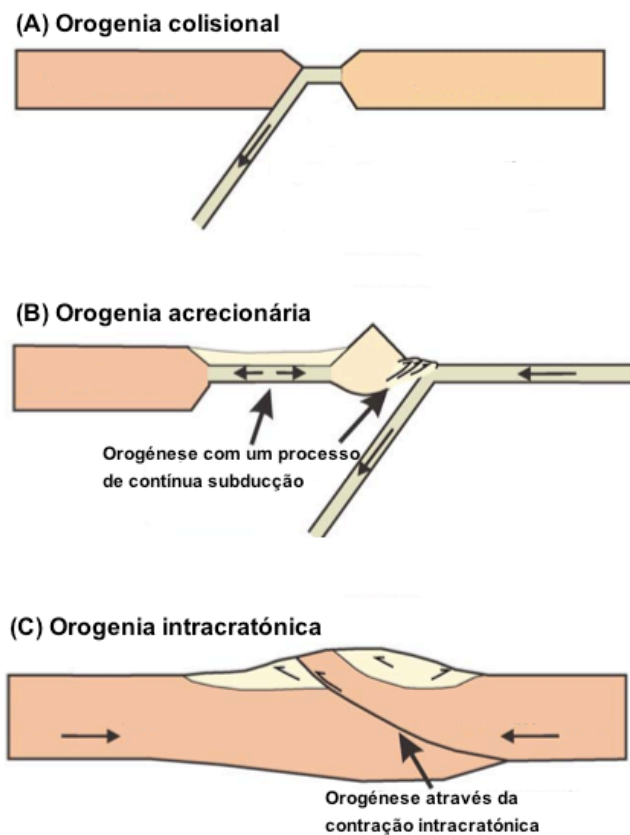


Fig. 6.13. Representação esquemática dos tipos de orogénias (A) orogenia colisional, (B) orogenia acrecionária e (C) orogenia intracratónica (adaptado de Cawood *et al.*, 2009).

Os melhores exemplos de uma orogenia colisional, são a dos Himalaias e dos Alpes, datadas do Cenozóico, as quais foram formadas pela subducção e colisão das placas Indiana, Africana e Arábica com a placa Euroasiática. O processo que decorre neste tipo de orogenia pode ser resumido em três passos. (1) Após consumo do fundo oceânico com colisão continental, continua a colisão da porção continental dessa mesma litosfera, sob o outro continente, levando a um espessamento crustal significativo. (2) Quando o espessamento da crosta continental + litosfera oceânica do bloco inferior atinge uma profundidade compreendida entre 100 e 300 Km, a litosfera infracrustal sofre rutura e separa-se da litosfera continental (processo conhecido por delaminação). A porção de baixa densidade e com menor volume sofre exumação e as montanhas começam a erguer-se. (3) No último estágio da orogenia, a erosão (que também contribui para o soerguimento do orógeno), desenraizamento e colapso, com arrasamento dos relevos, marcam o final do ciclo orogénico (Song *et al.*, 2015).

Na base do processo orogénico colisional, pode entender-se a geração de magmatismo em diferentes aspetos (Fig. 6.14). Após subducção completa da litosfera oceânica, os dois continentes começam a colidir, levando ao espessamento crustal e a metamorfismo UHP (*Ultrahigh-pressure*- pressão ultra elevada). Associado a este metamorfismo podem formar-se minerais como o diamante e a granada supersiliciosa. Se ocorrer rutura entre as litosferas continental e oceânica, a crosta continental profunda e oceânica subductada sofrem levantamento e experimentam fusão por descompressão, com magmas a gerar rochas ígneas. Durante a colisão continental há formação de intrusões graníticas derivadas da fusão parcial de crosta continental e sedimentos. Cessando a subducção continental, a erosão e desenraizamento conduzem ao colapso da orogenia e as correntes ascendentes de material na astenosfera, resultam na geração de magmas complexos derivados da interação de magmas e/ou fluidos do manto com a crosta continental (Song *et al.*, 2015).

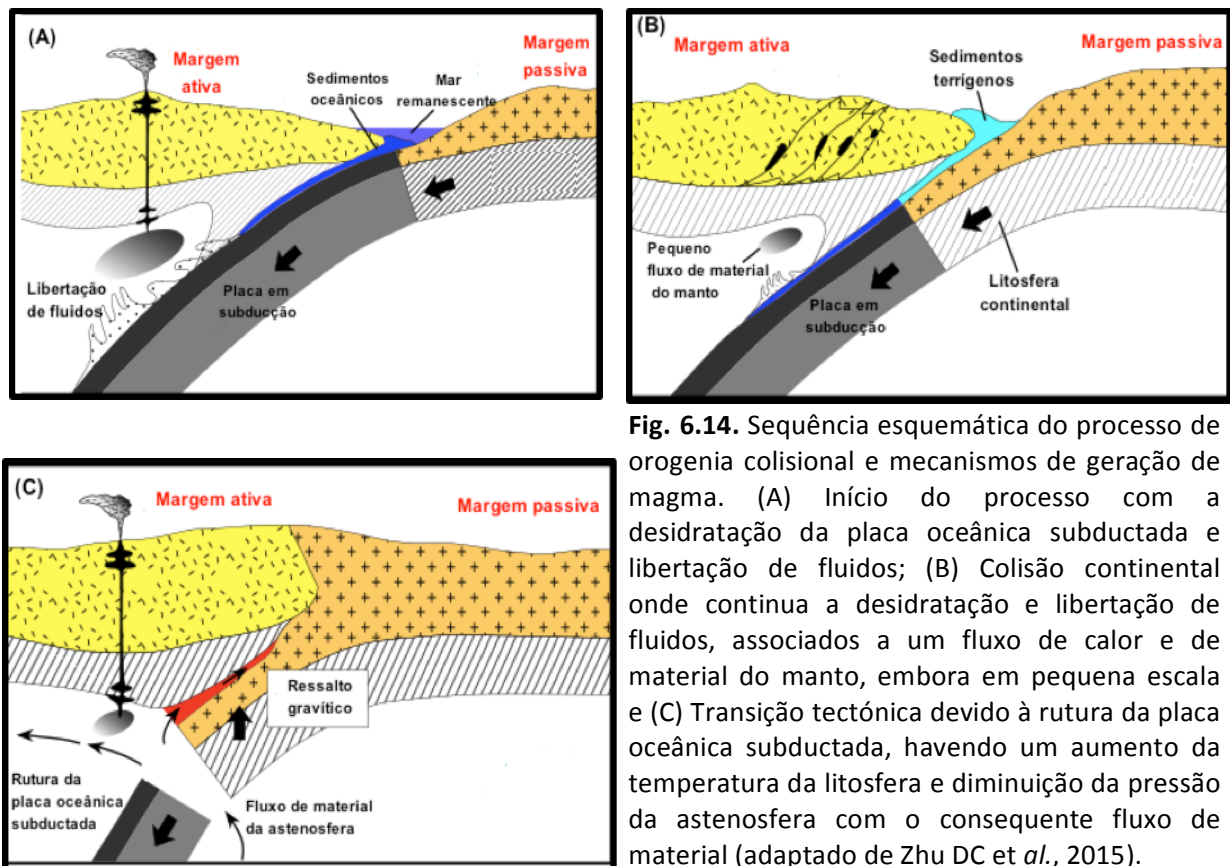


Fig. 6.14. Sequência esquemática do processo de orogenia colisional e mecanismos de geração de magma. (A) Início do processo com a desidratação da placa oceânica subductada e libertação de fluidos; (B) Colisão continental onde continua a desidratação e libertação de fluidos, associados a um fluxo de calor e de material do manto, embora em pequena escala e (C) Transição tectónica devido à rutura da placa oceânica subductada, havendo um aumento da temperatura da litosfera e diminuição da pressão da astenosfera com o consequente fluxo de material (adaptado de Zhu DC *et al.*, 2015).

Na tabela 6.2. está representada uma relação entre o magmatismo e os diferentes estádios do processo orogénico colisional. É essencial tornar claros os conceitos de sin-orogénico, pós-orogénico, sin-colisional e não colisional. Como ilustrado na tabela, o magmatismo “sin-orogénico” refere-se a magmas gerados ao longo de todo o ciclo orogénico, desde a subducção da litosfera oceânica, à colisão continental, formação da orogenia e colapso. O magmatismo “pós-orogénico” relaciona-se com os magmas formados após o final do ciclo orogénico e que pertencem à categoria de magmatismo intraplaca. O tipo de rochas formadas é variável e depende da composição das fontes, incluindo rochas vulcânicas calcoalcalinas e alcalinas e rochas graníticas. Estas não apresentam diferenças significativas em termos de composição geoquímica, em comparação com as rochas associadas ao contexto anarogénico, embora neste caso tenhamos magmas subalcalinos Fe-K que não ocorrem nos outros contextos. O magmatismo sin-orogénico integra os magmas formados durante o período pré-colisional de arco vulcânico. Durante a colisão e subducção continental - período sin-colisional - as crustas oceânica e continental anteriormente subductadas experimentam fusão por descompressão, durante o processo de levantamento e espessamento crustal. Estes magmas produzidos pela fusão parcial de materiais da crosta incluem a formação de tonalitos (com ou sem adakitos) e granitos peraluminosos. Os fluidos crustais gerados durante estes processos podem ainda causar o metassomatismo de litosfera mantélica sobrejacente, dando origem a magmas máficos.

No período pós-colisional as rochas formadas incluem rochas da série calcoalcalina com alto teor em potássio e com origem no manto superior metassomático e granitos peraluminosos gerados pela fusão parcial da crosta continental superior. Ocorrem também granitos do tipo I (fusão parcial de rochas metaígneas da crosta), granodioritos e dioritos formados pela fusão da porção inferior da crosta continental e da interação entre o manto e a crosta. Surgem ainda diques máficos a partir do manto litosférico e astenosférico. Geralmente este magmatismo marca o final do ciclo orogénico. O magmatismo anarogénico relaciona-se com situações de *rifting* continental e atividade de plumas mantélicas (Song *et al.*, 2015).

Tendo em conta que neste contexto de colisão continental predominam os granitóides é importante registar aqui algumas considerações sobre a classificação destas rochas. A classificação alfabética é uma das utilizadas, tendo sido o primeiro esquema

geoquímico de classificação moderno das rochas graníticas. Foi introduzido por Chappel & White em 1974, onde foram reconhecidos dois tipos distintos de granitóides na Austrália. O tipo I é metaluminoso, relativamente sódico e com um conteúdo em sílica bastante variável (56-77% de SiO_2). Foi inferido que se forma a partir de uma fonte máfica, metaígneia. O outro tipo de granitóide é fortemente peraluminoso, relativamente potássico e com uma composição elevada em sílica (64-77% de SiO_2), tendo sido designado de tipo S, pois concluíram que se formou a partir da fusão de rochas metasedimentares. Mais tarde, em 1979, Loiselle & Wones incrementaram esta classificação com o reconhecimento de um granitóide distinto, relativamente potássico, com elevada relação $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$ e alto teor em Zr e outros elementos pesados. Como raramente se encontram deformados, foram associados a contextos anarogénicos e designaram-se por granitóides tipo A (também devido à sua elevada alcalinidade). Ao longo do tempo foram sendo propostos outros tipos alfabéticos de granitóides, que incluem por exemplo o tipo M, tendo sido associada a sua formação a material mantélico, especificamente no contexto de arcos insulares (Frost, B R *et al.*, 2001).

Tabela 6.2. O magmatismo e os diferentes estádios do processo orogénico colisional (adaptado de Song *et al.*, 2015)

Tipos		Mecanismo/ Contexto	Fonte	Tipos de Rochas
Sin-orogénico	Pré-colisional	Subducção oceânica	Cunha mantélica Crusta oceânica subductada Crusta do arco Crusta marginal do continente	Rochas toleíticas a calcoalcalinas Rochas vulcânicas de arco Adakitos Intrusões intermédias a félsicas
	Sin- colisional	Colisão continental e subducção	Crusta oceânica anteriormente subductada	Adakitos com uma baixa relação Sr/Y
		Metamorfismo UHP	Crusta continental subductada	Tonalitos Granitos do tipo S
		Exumação	Interação entre a crosta subductada e o manto	Rochas máficas alcalinas
	Pós- colisional	Desenraizamento e colapso da orogenia	Crusta continental Astenosfera (interação crosta-manto)	Granitos do tipo I, A e S Rochas vulcânicas com alto teor em K
Pós-orogénico		Rifting continental (intraplaca) Atividade de plumas mantélicas	Litosfera continental Astenosfera	Rochas vulcânicas alcalinas e calcoalcalinas Granitos do tipo I, S e A
Anarogénico				

PARTE II- APRESENTAÇÃO DE PROJETOS DESENVOLVIDOS E COMPETÊNCIAS ADQUIRIDAS

CAPÍTULO 7- TRABALHOS NO ÂMBITO CURRICULAR

Nos recursos didáticos que os professores têm disponíveis encontra-se o trabalho prático que, segundo Hodson (1988), inclui todas as atividades em que o aluno esteja ativamente envolvido.

Assim, o trabalho prático engloba, entre outros, o trabalho laboratorial e o trabalho de campo (Leite, 2000). O trabalho laboratorial inclui atividades que requerem a utilização de materiais de laboratório e que podem ser realizadas num laboratório ou mesmo numa sala de aula normal. O trabalho de campo é realizado ao ar livre, onde geralmente, os acontecimentos ocorrem naturalmente. Algum trabalho prático envolve controlo e manipulação de variáveis e designa-se, por isso, trabalho experimental (Leite, 2000). Algumas atividades laboratoriais e de campo apresentam estes requisitos, podendo falar-se, por exemplo, de atividades laboratoriais de tipo experimental (Fig. 7.1.).

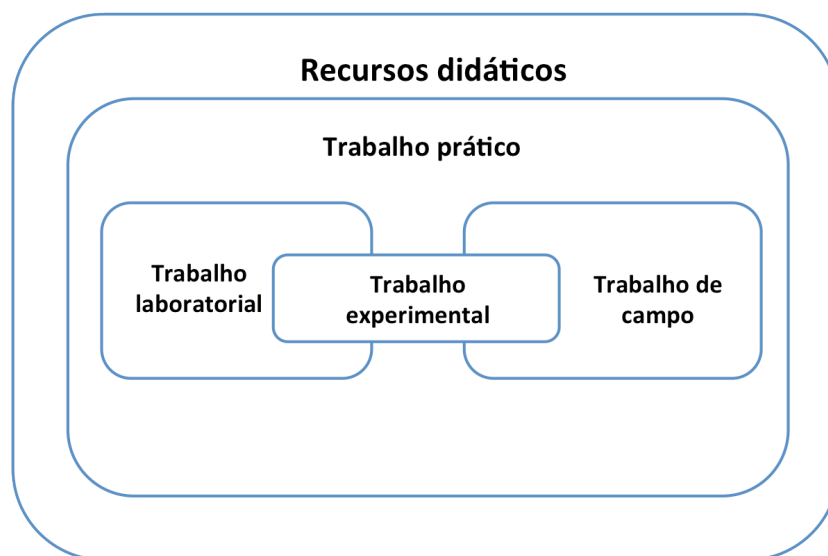


Fig.7.1. Diagrama que contempla as três tipologias de aulas práticas no Ensino das Ciências (adaptado de Leite, 2000).

7.1.Trabalhos de campo

As atividades de campo permitem o contato direto com o ambiente, possibilitando que o estudante se envolva e interaja em situações reais, confrontando teoria e prática, além de estimular a curiosidade. Deste modo, o aluno sente-se e assume-se protagonista do processo de ensino-aprendizagem, ou seja, é um elemento ativo e não um mero recetor de conhecimento.

De realçar que alguns importantes objetivos relacionados com procedimentos e atitudes no ensino e educação em Ciências, só poderão ser cumpridos com atividades realizadas no campo. Alguns elementos tornam insubstituível o seu papel didático (Bonito *et al.*, 1999):

- A inserção na esfera natural permite-nos compreender a complexidade do ambiente e a multiplicidade de variáveis que o integram;
- O conhecimento regional no que se refere aos aspetos geológicos, vegetação e fauna, entre outros, é muito difícil de abordar se não for mediante o contacto direto com o meio;
- As atividades fora da sala de aula poderão transmitir mais vivacidade e uma atitude ávida em relação ao meio natural.

Ao longo dos anos, têm feito parte da minha prática educativa, considerando-as também eu essenciais, faço aqui registo de duas dessas atividades de campo realizadas.

Arouca Geoparque

No ano letivo de 2013/2014, colaborei na organização de uma saída de campo para alunos do 10º e 11º anos de Ciências e Tecnologias, na Escola Secundária de Celorico de Basto. Foi programada para duas áreas distintas do Arouca Geoparque (Geoparque da UNESCO desde 2009, com 328 km² e 41 geossítios de interesse geológico identificados): Canelas e aldeias da Mizarela e Castanheira, em plena Serra da Freita, com um conjunto diversificado de atividades de cariz geológico a desenvolver em cada uma.

Na região de Canelas, nos arredores de Arouca, foi realizado um percurso pedestre circular com cerca de 3 km, denominado Rota do Paleozóico, em virtude de ao longo do

mesmo ser possível a observação de rochas, fósseis e icnofósseis da Era Paleozóica. De seguida, decorreu a visita ao Centro de Interpretação Geológica de Canelas, um espaço museológico que encerra um espólio natural de fósseis e icnofósseis desta Era Geológica, de grande relevância a nível europeu e mundial (Fig.7.2.).

Procedeu-se à elaboração de um roteiro geológico/guia de campo (Fig.7.3.), com o enquadramento geográfico e geológico, assim como as atividades a desenvolver pelos alunos durante e após a saída de campo.

Este trabalho de campo teve como propósito cumprir os seguintes objetivos:

- Reconhecer os recursos geológicos como bens importantes que o ser humano utiliza na produção dos mais variados produtos;
- Complementar os conhecimentos adquiridos nas aulas;
- Proporcionar aos alunos diferentes formas de aprendizagem;
- Saber o que é um Geoparque, um Geossítio e o que é o Património Geológico;
- Compreender o contributo dos agentes erosivos para a formação e alteração de rochas e paisagens naturais;
- Aprender a distinguir diferentes tipos de rochas;
- Conhecer a maior queda de água em território continental português e compreender os processos que lhe deram origem;
- Analisar diferentes geoformas graníticas;
- Entender a excecionalidade do Granito Nodular da Castanheira (“Pedras Parideiras”);
- Desenvolver a capacidade de observação;
- Incrementar o espírito de curiosidade e a reflexão crítica.



Fig. 7.2. Imagens recolhidas ao longo da saída de campo, incluindo a Rota do Paleozóico e o Centro de Interpretação de Canelas, com os seus extraordinários fósseis de trilobites.


AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DE CELORICO DE BASTO	
ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA DE CELORICO DE BASTO	
ROTEIRO GEOLÓGICO E PAISAGÍSTICO NO GEOPARK DE AROUCA	
	
ÍNDICE	
INTRODUÇÃO	3
1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA SAÍDA DE CAMPO	6
2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DA SAÍDA DE CAMPO	7
3. OBJETIVOS DA SAÍDA DE CAMPO	8
4. MATERIAL A UTILIZAR NA SAÍDA DE CAMPO	8
5. REGRAS A SEGUIR DURANTE A SAÍDA DE CAMPO	8
6. ATIVIDADES NA ROTA DO PALEOZÓICO	9
7. ATIVIDADES NA SERRA DA FREITA	11
8. ATIVIDADES PÓS-VISITA	16
9. NOTAS FINAIS	16
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
ANEXOS	18
ANEXO A: ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	19
ANEXO B: EXTRATO DA FOLHA 155 (AROUCA) DA CARTA TOPOGRÁFICA DE PORTUGAL (1:25 000)	
ANEXO C: MAPA GEOLÓGICO DE PORTUGAL CONTINENTAL	21

Fig. 7.3. Aspeto representativo do guia de campo elaborado para os alunos, contendo todo o enquadramento geográfico e geológico, assim como atividades a realizar durante e após a saída de campo.

Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire – Pedreira do Galinha e Castelo de Leiria

Na Escola Básica e Secundária de Airões, organizei uma saída de campo, no ano letivo de 2012/2013, em colaboração com colegas docentes da disciplina de História, para alunos do 7º ano, visando assim envolver duas disciplinas (Ciências Naturais e História).

A Pedreira do Galinha tem o mais antigo registo do mundo (que se conhece) de pegadas de dinossáurios saurópodes. Aqui podemos apreciar alguns dos melhores e maiores trilhos destes animais. Alguns destes trilhos chegam a ter mais de 100 m de comprimento, estando muito bem conservados. Por essa razão, fornecem-nos muitas informações acerca dos seus autores.

Foi feita uma planificação da atividade, integrando-a no currículo das duas disciplinas, onde constam os objetivos gerais, tais como:

- Adquirir ou consolidar conhecimentos específicos;
- Manifestar desejo de saber, empenhando-se no aprofundamento dos seus conhecimentos;
- Respeitar e valorizar o património cultural e natural, enquanto recurso para o desenvolvimento individual e coletivo e assumir responsabilidades na sua preservação;
- Desenvolver a capacidade de observação e espírito crítico;
- Estimular o espírito de investigação;
- Adquirir técnicas de recolha e organização de diferentes tipos de informações;
- Elaborar sínteses escritas a partir da informação recolhida;
- Promover regras de conduta;
- Desenvolver as relações professor-aluno e escola-meio.

Foi também elaborado um guião da saída de campo (Fig. 7.4.a)) com questões a solucionar durante o decorrer da atividade, assim como a tarefa a concretizar após a saída, permitindo ao aluno retirar o melhor proveito possível deste trabalho de campo.

No que concerne ao desenvolvimento do trabalho no Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire, os alunos tiveram a oportunidade de assistir, no centro interpretativo, a um vídeo sobre a história geológica do local, seguindo-se a realização de um percurso com guia pela pedreira (Fig. 7.4. b))

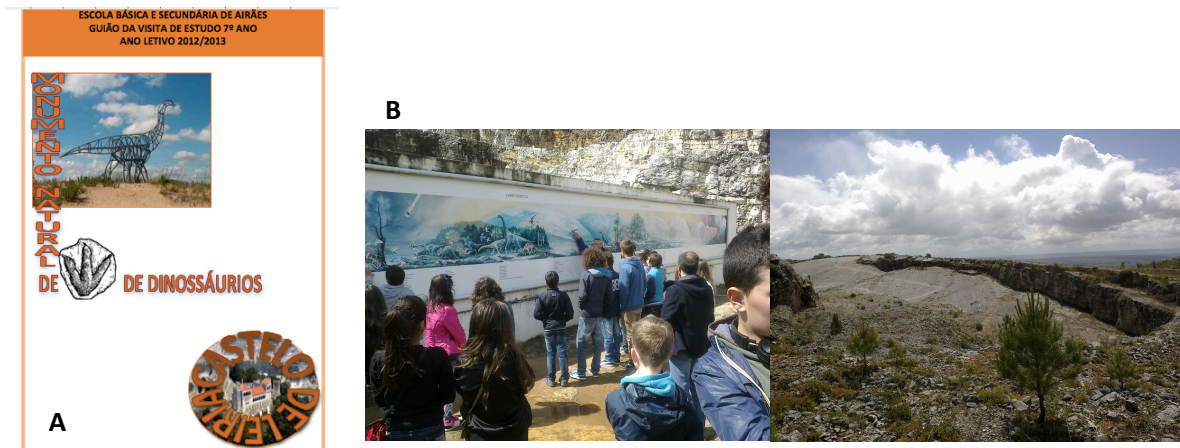


Fig. 7.4. Saída de campo à Pedreira do Galinha e Castelo de Leiria. Em A é apresentado um aspeto representativo do guia de campo elaborado para os alunos e em B imagens recolhidas durante o percurso realizado na Pedreira do Galinha.

7.2. Trabalhos laboratoriais/ experimentais

Independentemente da sua tipologia, a realização de atividades laboratoriais pelos alunos, desde que devidamente planeadas e executadas, é sempre um fator de valorização das aprendizagens quer ao nível conceptual, quer ao nível procedimental. O aluno é chamado a protagonizar uma ação que se constitui como oportunidade para adquirir, consolidar ou aplicar conhecimentos.

Na avaliação dos trabalhos laboratoriais, tal como em outros países (Hodson, 1992), também em Portugal os relatórios são, sem dúvida, o documento mais utilizado.

O relatório tradicional é o tipo de relatório mais utilizado e inclui, normalmente, uma apresentação do relatório e do autor, uma introdução com fundamentação teórica, uma listagem do material utilizado, a descrição da metodologia ou do procedimento laboratorial adoptados, a apresentação dos resultados, a discussão dos resultados, a conclusão do trabalho e a listagem da bibliografia consultada. Exige, portanto, que o aluno relate a atividade realizada, focando os aspectos característicos de um artigo de investigação (Leite, 2000). Uma outra forma a que tenho recorrido ao longo da minha prática docente para avaliação destes trabalhos é a realização pelos alunos de um poster, contendo os mesmos itens do relatório tradicional, mas de uma forma mais resumida e tendo a vantagem de facilitar a exposição e visualização por parte dos pares e comunidade educativa.

São diversos os trabalhos laboratoriais/experimentais desenvolvidos com os alunos e registam-se aqui apenas alguns exemplos significativos.

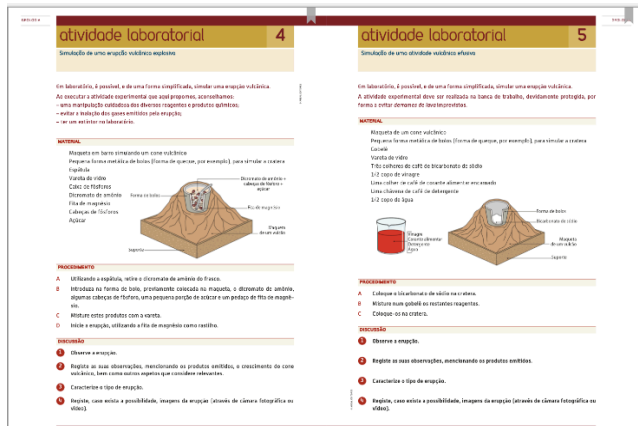


Fig. 7.5. Protocolo experimental da simulação de uma erupção vulcânica efusiva e explosiva (Matias et al., 2007).

• Erupção vulcânica efusiva:



• Erupção vulcânica explosiva:



Fig. 7.6. Resultados do trabalho laboratorial realizado com alunos do 10º ano.

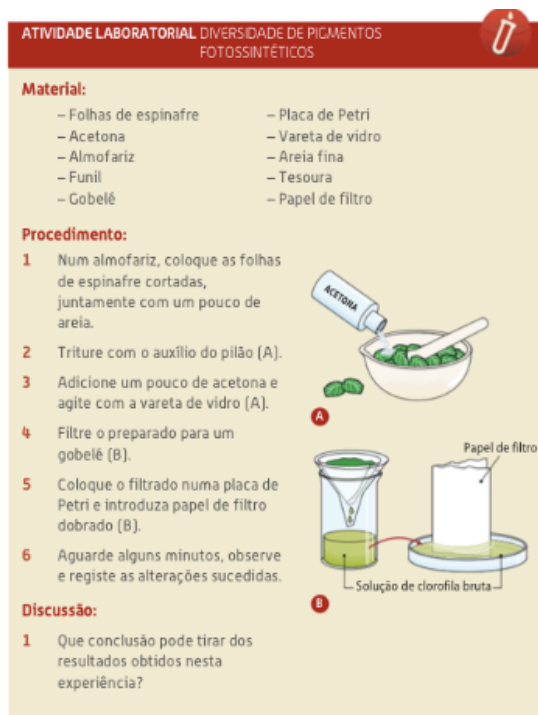


Fig. 7.7. Protocolo Experimental da atividade laboratorial que permite a separação de pigmentos fotossintéticos (Matias et al., 2007).

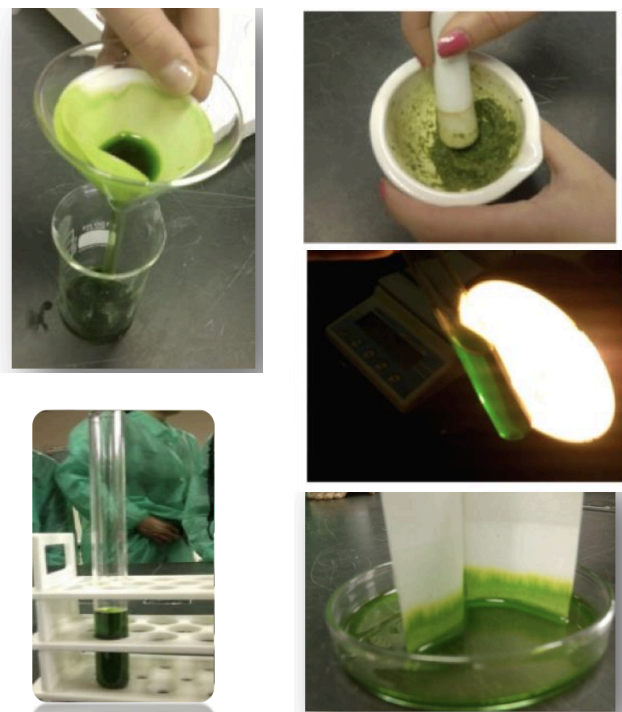


Fig. 7.8. Procedimentos e resultado da atividade laboratorial, realizada por alunos do 10º ano.

ESCOLA E.B. 2,3/S DE AIRÕES

Biologia e Geologia

Actividade Laboratorial:

"Observação do coração de vertebrados - Peixe, Anfíbio e Mamífero"



Trabalho elaborado por:

Resultados

Rã:



Fig.10 Incisão ao longo da face ventral da rã. Os diferentes órgãos.



Fig.12 Incisão ao longo da face ventral do peixe. Os diferentes órgãos.

Peixe:



Fig.13 Coração do peixe. É atravessado somente por sangue venoso em cada circulação.

Porco:



Fig.14 Pericárdio e Endocárdio.



Fig.15 Coração do porco. Este está dividido em quatro cavidades: duas aurículas e dois ventrículos.

Fig. 7.9. Parte de um relatório (capa e resultados) elaborado por um grupo de alunos do 10º ano, sobre a atividade laboratorial de observação do coração de vertebrados (rã, pargo e porco).

Actividade Laboratorial:

"Fermentação Láctica"

Objectivo

Este trabalho prático realizado no âmbito da disciplina de Biologia e Geologia teve como principais objetivos: explicar a fermentação, verificar a influência da temperatura e a diferença dos valores de pH, assim como, o manuseamento do material de laboratório.

Introdução

A fermentação láctica é utilizada para a produção de queijos e iogurtes. É efectuada por diversos organismos. Nesta fermentação, o ácido pirúvico, resultante da glicólise, é directamente reduzido pelo NADH a ácido láctico, sendo este o produto final.

Material

- 2 Gobelés de 400 e 250 cm³; - Papel indicador de pH ou medidor de pH; - Folha de alumínio; - Termómetro; - Estufa regulada para 30°C; - Iogurte Natural; - Leite meio-gordo; - Placa de aquecimento; - Proveta; - marcador; - etiquetas.

Procedimento Experimental

- 1ª Em cada gobelé (A e B), deitar cerca de 100cm³ de leite.
- 2ª Cobrir os gobelés com folha de alumínio.
- 3ª Aquecer o leite até cerca de 40°C.
- 4ª Com o auxílio do papel indicador, determinar o pH do leite.
- 5ª A cada gobelé, adicionar cerca de 5 a 6 g de iogurte natural.
- 6ª Misturar o iogurte com leite, evitando a formação de espuma.
- 7ª Colocar o gobelé A na estufa regulada para 30°C e o B à temperatura ambiente.
- 8ª Determinar o pH do conteúdo de cada gobelé em intervalos de tempo regulares.
- 9ª Registrar os valores obtidos.

Resultados

Tempo (minutos)	A	B
0	7	7
20	6	6
40	6	6
Dia seguinte	4	6

Fig.1 Gobelé A. Esteve colocado na estufa. O seu valor de pH diminuiu, atingindo o valor 4, tornando-se consistente, devido à sua elevada temperatura.

Fig.2 Gobelé B. esteve durante todo o tempo à temperatura ambiente. O seu valor de pH diminuiu, mas não tanto como em A, devido à temperatura ambiente ser inferior, apresentando-se, portanto, no estado parcialmente líquido.

Discussão de resultados/Conclusão

- O iogurte natural funciona como o fermento, uma vez que possui bactérias que realizam a fermentação láctica.
- Como na fermentação láctica está a ser produzido o ácido láctico, o valor de pH tem tendência a diminuir. Depois de este ácido láctico diminuir o pH do meio, as proteínas lácteas coagulam, ficando concentradas e dando o aspecto ao iogurte.

Bibliografia

GUERNER DIAS, A.; GUIMARÃES, Paula; ROCHA, Paulo, *Biologia 10*, Anual Editores.

Biologia e Geologia

Actividade Laboratorial:

"Fermentação Alcoólica"

Objectivo

Este trabalho prático realizado no âmbito da disciplina de Biologia e Geologia teve como principais objetivos: explicar a fermentação, verificar a influência da temperatura e a diferença dos valores de pH, assim como, o manuseamento do material de laboratório.

Introdução

A fermentação é um processo catabólico que visa a obtenção de energia. Os seus aceptoros finais de eletrões são moléculas orgânicas (ácido pirúvico).

Assim, O ácido pirúvico é convertido em etanol e em dióxido de carbono por duas etapas: a primeira consiste na descarboxilação do ácido pirúvico originando acetaldéido; a segunda na redução do acetaldéido pelo NADH, formando-se etanol.

No entanto, o processo fermentativo alcoólico é realizado por leveduras. As leveduras são fungos unicelulares que se multiplicam rapidamente em condições favoráveis. Este processo está na base da produção e da transformação de diversos produtos, destacando-se a produção de pão.

Material

- Vidro de Relógio; - Quatro Gobelés de 250 cm³; - Folha de alumínio; - Estufa regulada para 30°C; - Espátula; - Espátula; - Vantex; - Proveta; - Balança; - Etiquetas; - Marcador; - Régua; - Papel de limpeza; - Fátula; - Levedura (fermento de pão).

Procedimento Experimental

- 1ª Identificar cada um dos gobelés de 250 cm³ com A, B, C e D.
- 2ª Pesar 50g de farinha, com o auxílio da balança, adicionar 3g de levedura e, com a proveta, cerca de 40 cm³ de água para os gobelés A, B e C.
- 3ª Proceder de igual modo para o gobelé D, mas sem adicionar a levedura.
- 4ª Com a folha de alumínio, cobrir os quatro gobelés.
- 5ª Com o marcador, marcar a altura da massa em cada gobelé e, medir com a régua.
- 6ª Colocar os gobelés A e D na estufa a 30°C, o B no frigorífico e o C à temperatura ambiente.
- 7ª Anotar a altura da massa em cada gobelé no fim de 20, 40 e 60 minutos.
- 8ª Registrar os resultados obtidos.

Resultados

Tempo (minutos)	A	B	C	D
0	3 cm	3 cm	2,5 cm	3 cm
20	5,5 cm	4 cm	3 cm	3 cm
40	10 cm	4,5 cm	5,5 cm	3 cm
60	11,5 cm	5,5 cm	7 cm	3 cm

Fig.1 Gobelé A com levedura. Esteve na estufa e foi possível verificar-se um aumento da sua massa, muito notável, chegando mesmo a atingir as laterais do gobelé, devido à elevada temperatura e, apresentando, por isso, muitas bolhas de CO₂.

Fig.2 Gobelé B com levedura. Esteve no frigorífico e foi possível verificar-se um aumento da sua massa, no entanto, não muito notável devido à baixa temperatura e, não apresentando, por isso, muitas bolhas de CO₂.

Fig.3 Gobelé C com levedura. Esteve à temperatura ambiente e foi possível verificar-se um aumento da sua massa, no entanto, não tão notável como a do gobelé A, devido à temperatura do ambiente ser inferior à da estufa mas, apresentando igualmente bolhas de CO₂.

Fig.4 Gobelé D sem levedura. Esteve na estufa e não se verificou um aumento da sua massa nem bolhas de CO₂.

Discussão de resultados/Conclusão

- A altura da massa inicial no gobelé C difere das restantes devido ao gobelé utilizado ser de 400 cm³, enquanto que os outros foram de 250.
- A fermentação alcoólica é realizada pelas leveduras do género *Saccharomyces*.
- A temperatura influencia o desenvolvimento da fermentação. Esta é mais rápida quanto mais elevada for a temperatura.
- As bolhas de CO₂ provêm da descarboxilação do ácido pirúvico e contribuem para levedar a massa, tornando o pão leve e macio.

Bibliografia

GUERNER DIAS, A.; GUIMARÃES, Paula; ROCHA, Paulo, *Biologia 10*, Anual Editores.

Fig. 7.10. Posters elaborados por uma aluna do 10º ano, das atividades experimentais de dois processos de obtenção de energia- fermentação alcoólica e fermentação láctica.

ESCOLA E.B. 2,3/S DE AIRÃES



Biologia e Geologia

Actividade Laboratorial:

"Porosidade e Permeabilidade de diferentes materiais geológicos"



Resultados

I - A Porosidade das Rochas

Material Geológico	Peso (em gramas) do material seco	Peso (em gramas) após o período submerso em água
Calcário	28,12 g	28,96 g
Granito sã	63,19 g	64,28 g
Granito alterado	150,72 g	155,05 g
Granito muito alterado	69,82 g	76,76 g
Areia	11,03 g	84,46g
Argila	11,01 g	97,19 g

Tabela 1. Registo da pesagem da massa (em gramas) dos materiais geológicos antes e após o período de afundamento em água.

II - A Permeabilidade das Rochas

1) Areia fina

Volume (mL) atingido	Tempo (s)
≈ 0 mL (1ª Gota de água)	00:00:06,33s
10 mL	00:00:23,06s
20 mL	00:00:36,72s
30 mL	00:00:50,51s
40 mL	00:01:35,96s
50 mL	00:02:09,57s

Tabela 2. Registo do tempo (h: min: s, ms) que a areia fina necessitou para deixar passar uma determinada quantidade de água (em mL).

2) Areia de maior Granulometria

Volume (mL) atingido	Tempo (s)
≈ 0 mL (1ª Gota de água)	00:00:17,15s
10 mL	00:01:00,69s
20 mL	00:01:41,22s
30 mL	00:02:14,30s
40 mL	00:02:37,58s
50 mL	00:03:04,63s

Tabela 3. Registo do tempo (h: min: s, ms) que a areia de maior granulometria necessitou para deixar passar uma determinada quantidade de água (em mL).

3) Argila

Volume (mL)	Segundos (s)
≈ 0 mL (1ª Gota de água)	00:05:37,62s
2 mL	01:00:00,00s

Tabela 4. Registo do tempo (h: min: s, ms) que a argila necessitou para deixar passar uma determinada quantidade de água (em mL).

4) Solo Vegetal

Volume (mL)	Segundos (s)
≈ 0 mL (1ª Gota de água)	00:00:06,18s
10 mL	00:00:21,22s
20 mL	00:00:46,57s
30 mL	00:01:22,86s
40 mL	00:02:02,06s
50 mL	00:02:51,87s

Tabela 5. Registo do tempo (h: min: s, ms) que o solo vegetal necessitou para deixar passar uma determinada quantidade de água (em mL).

Fig. 7.11. Parte de um relatório elaborado por alunos do 11º ano, sobre uma atividade experimental realizada para avaliar a porosidade e permeabilidade de diferentes materiais geológicos, características que se relacionam com a capacidade de um aquífero armazenar água e com a sua capacidade de extração de forma eficaz.

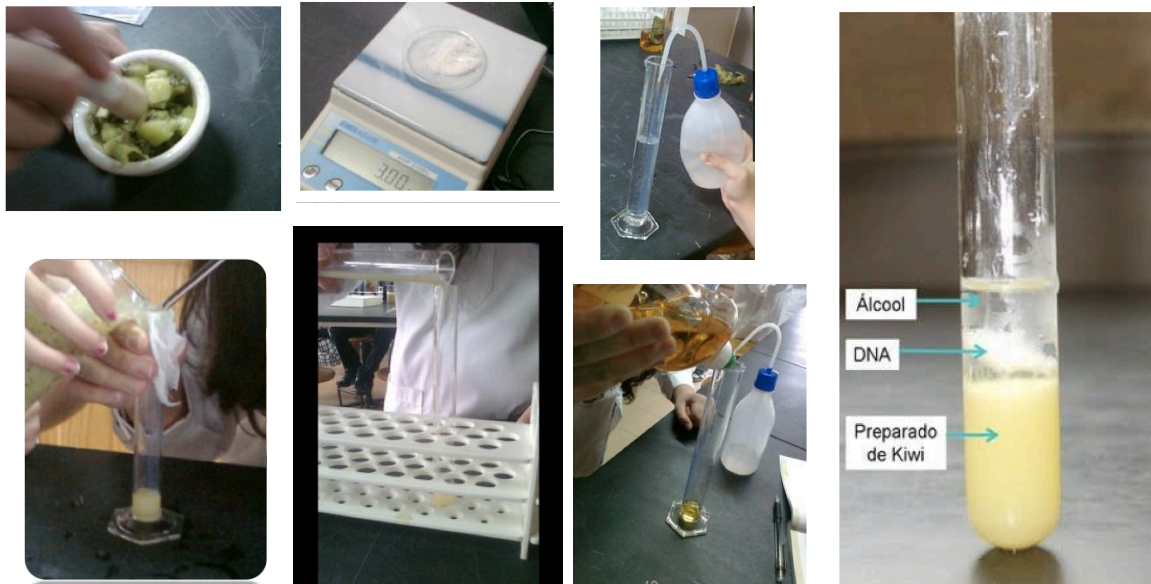


Fig. 7.12. Alguns dos procedimentos e resultado da atividade laboratorial de extração de DNA de células vegetais, utilizando o Kiwi, realizada com alunos do 11º ano.



Fig. 7.13. Alguns dos procedimentos e resultados da atividade experimental realizada no âmbito da disciplina de Biologia de 12º ano, com o objetivo de perceber a influência da acidificação na germinação e desenvolvimento das plantas.

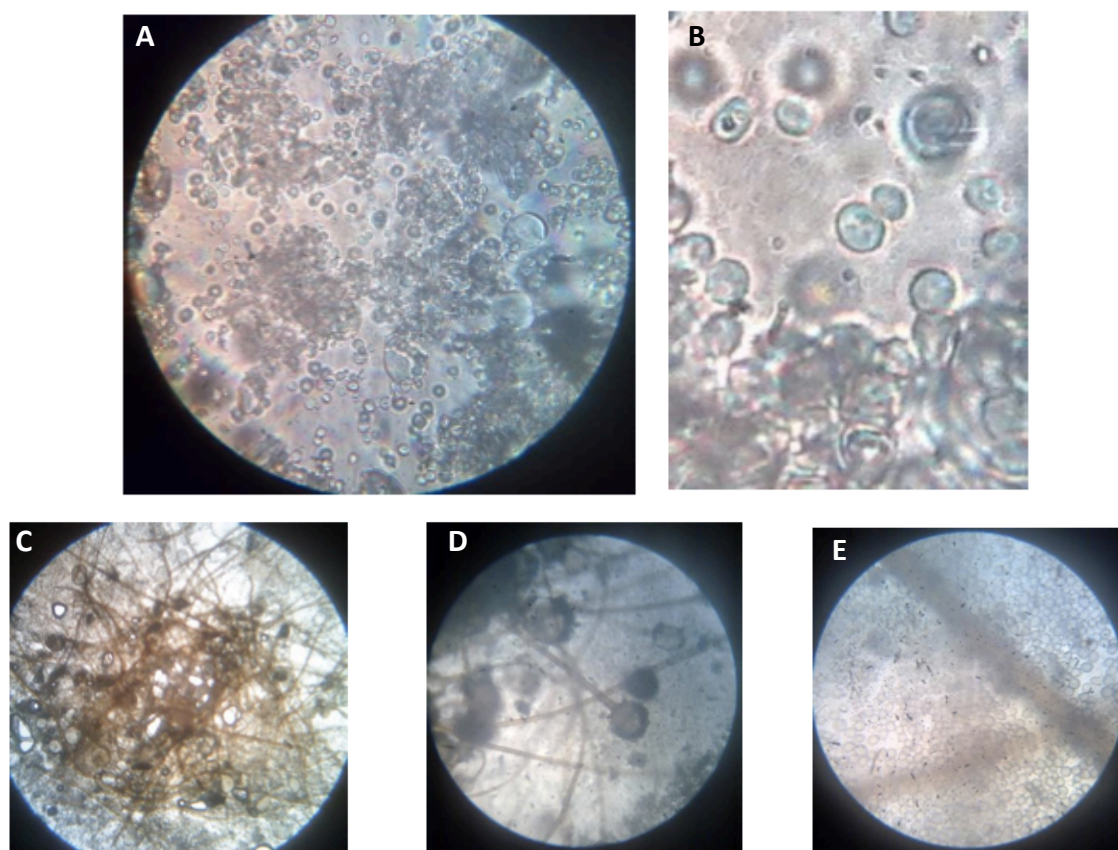


Fig. 7.14. Imagens obtidas na realização de uma atividade laboratorial com alunos do 11º ano, com o objetivo de observar ao microscópio dois processos de reprodução assexuada: a gemulação em leveduras (A e B) e a esporulação no bolor do pão - *Rhizopus stolonifer* (C, D e E).

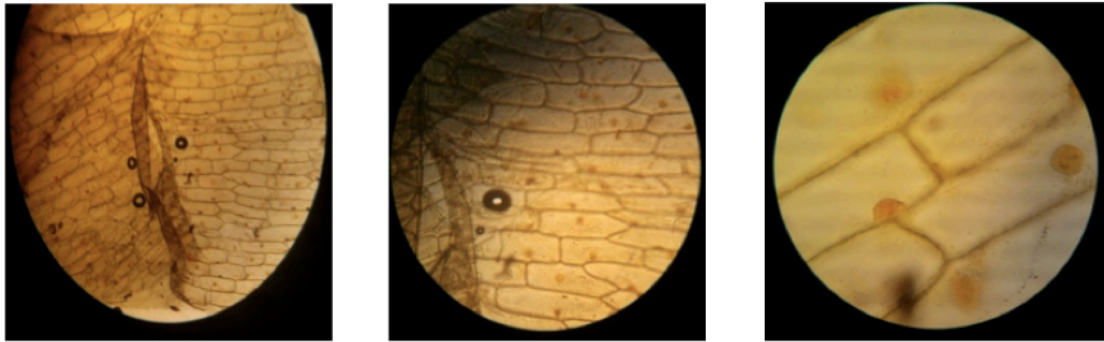


Fig. 7.15. Imagens obtidas na realização de uma atividade laboratorial com alunos do 8º ano, na observação de células eucarióticas vegetais – epiderme interior das túnicas da cebola.

7.3. Outros trabalhos e atividades

Feira dos Minerais

É uma atividade frequentemente levada a cabo nas escolas, pelo grupo de professores de Biologia e Geologia, tendo eu participado na sua organização e dinamização em vários anos letivos consecutivos, fazendo aqui menção ao ano letivo de 2010/2011, na Escola Básica e Secundária de Airões. Como procedimento comum à realização de qualquer atividade é feita uma planificação apresentando-se, entre outros aspetos, os objetivos a atingir. Decorreu nos dias 7 e 8 de Abril de 2011, no espaço da Biblioteca Escolar e foi realizada com o intuito de alcançar os seguintes objetivos:

- Promover a interação entre todos os elementos da comunidade escolar;
- Sensibilizar toda a comunidade escolar para as Ciências da Terra, nomeadamente a Geologia e Mineralogia;
- Motivar os alunos para o estudo da Geologia;
- Reconhecer que a Terra é um sistema dinâmico em constante transformação;
- Compreender a importância dos materiais constituintes da Terra: Rochas e Minerais;
- Sensibilizar para a riqueza do património Geológico em Portugal.

A atividade consistiu na venda e mostra de rochas, minerais e fósseis a toda a comunidade escolar.

Foi estabelecido o contacto com uma empresa, que enviou o material para venda para a escola. A organização, divulgação e venda dos materiais foi da responsabilidade dos

docentes do grupo de Biologia e Geologia. Deste modo, na semana anterior à realização da feira, foram afixados posters no recinto escolar de forma a dar a conhecer a toda a comunidade escolar a realização desta atividade (Fig. 7.16.). Os alunos colaboraram na elaboração do “Bilhete de Identidade” de alguns minerais, que foram expostos num painel na Biblioteca Escolar (Fig. 7.17.).

A comunidade escolar aderiu de forma muito positiva à atividade dado o interesse e participação de professores, alunos, funcionários e Encarregados de Educação nos materiais expostos (Fig. 7.18.)

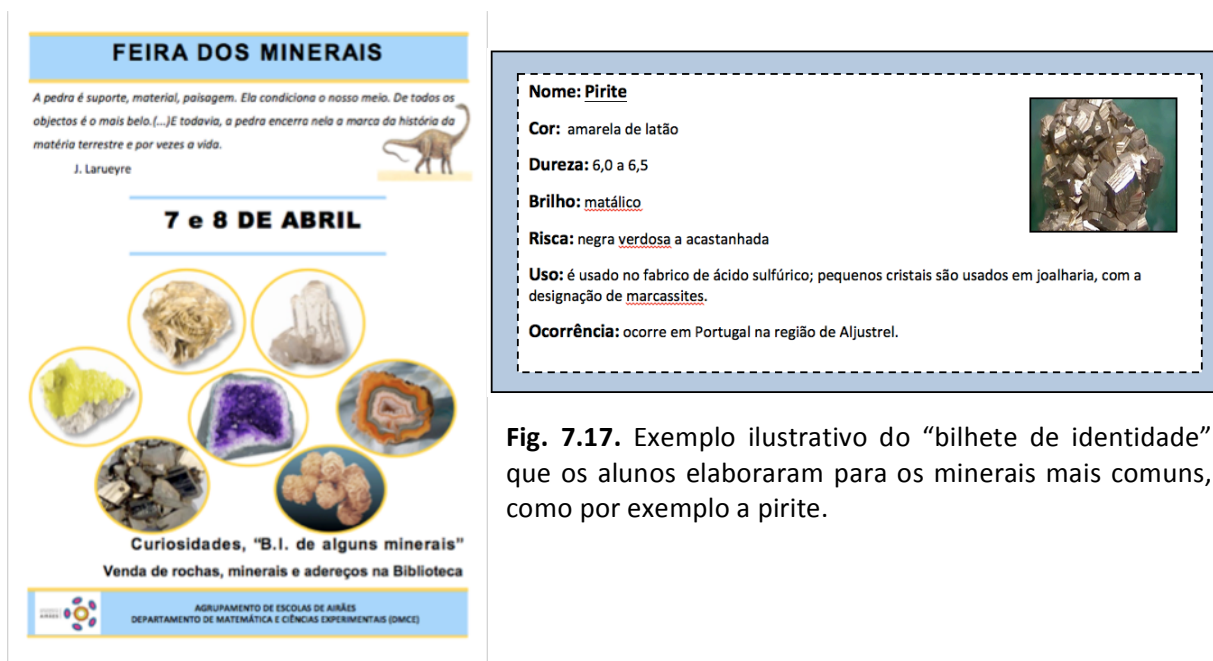


Fig. 7.16. Poster elaborado para divulgação da atividade “Feira dos Minerais” junto de toda a comunidade escolar.

Fig. 7.17. Exemplo ilustrativo do “bilhete de identidade” que os alunos elaboraram para os minerais mais comuns, como por exemplo a pirite.



Fig. 7.18. Imagens demonstrativas da participação ativa da comunidade escolar, nomeadamente dos alunos, na atividade “Feira de Minerais”.

Semana da Ciência

É também prática comum nas escolas a realização do dia dos laboratórios abertos, em que os docentes dos grupos de Biologia e Geologia e Física e Química, convidam os elementos da comunidade escolar a visitar os laboratórios para contactarem com diversas atividades experimentais/laboratoriais que podem observar e realizar. No ano letivo de 2012/2013, na Escola Básica e Secundária de Airões, estes grupos de docentes decidiram planificar algo mais abrangente, com atividades a decorrer ao longo de uma semana, a Semana da Ciência, utilizando como tema de fundo a Água, relacionado com o facto de 2013 ter sido o ano internacional de cooperação pela água.

Os objetivos que estiveram na base da sua realização foram:

- Sensibilizar os alunos para o estudo das Disciplinas de Ciências Naturais, Físico-Química, Biologia e Geologia, Biologia e Física e Química A;
- Melhorar o espírito crítico e curiosidade científica;
- Incentivar o gosto pelas Ciências Experimentais;
- Proporcionar aos alunos um conjunto de atividades que contribuam para a inter-relação CTSA;
- Proporcionar aos alunos do ensino secundário uma visão sobre a metodologia de investigação científica, permitindo-lhes um contacto com o trabalho desenvolvido em Portugal;
- Relacionar as Ciências com situações do dia-a-dia;

- Promover a interdisciplinaridade;
- Proporcionar uma aprendizagem reflexiva;
- Ir ao encontro dos interesses dos alunos;
- Promover o respeito pelo ambiente.

Ao longo da semana realizaram-se diversas atividades, nomeadamente: a apresentação de uma peça de teatro “Micróbios”, por alunos de uma turma minha de 7º ano (Fig. 7.19.); a realização de uma palestra intitulada “Gestão Sustentável da Água”, dinamizada pela Dra. Helena Sousa (Escola Ambiental da Carriça), para turmas de alunos do 2º ciclo (Fig. 7.20.); palestra para as turmas de alunos do ensino secundário, do Curso de Ciências e Tecnologias, “ O Mistério do Cérebro”, dinamizada pela Dra. Adriana Sampaio da Universidade do Minho (Fig. 7.21.); a feira da ciência com 8 ateliers montados no espaço exterior da escola, com atividades experimentais sobre a água, abertos a toda a comunidade escolar, incluindo turmas de alunos do 1º ciclo (Fig. 7.22.); visualização de documentários sobre a água e a importância da sua preservação, por parte de alunos do 7º e 8º anos; uma palestra sobre a qualidade da água, dinamizada por alunos do 11º ano, com a orientação da docente de Física e Química, aberta a toda a comunidade educativa, em horário pós-laboral (Fig. 7.23.) e uma exposição no *hall* principal da escola sobre cientistas portugueses (Fig. 7.24.).



Fig. 7.19. Apresentação da peça de teatro “Micróbios” por alunos de uma turma de 7º ano.



Fig. 7.20. Realização de uma palestra sobre “Gestão Sustentável da Água”, tendo como público alvo alunos do 2ºciclo.



Fig. 7.21. Realização de uma palestra intitulada “O Mistério do Cérebro”, tendo como público alvo alunos do ensino secundário, do curso de Ciências e Tecnologias.





Fig. 7.22. Feira da Ciência, com os diferentes ateliers, tendo como base a água, mas também projetos desenvolvidos na escola. Os alunos tinham um passaporte que iam carimbando à medida que passavam por cada atelier.



Fig. 7.23. Apresentação de uma palestra sobre a qualidade da água, por alunos do 11º ano de Ciências e Tecnologias, em horário pós-laboral, aberta a toda a comunidade educativa.



Fig. 7.24. Imagens representativas da exposição realizada no átrio da escola sobre cientistas portugueses (trabalhos elaborados pelos alunos).

No âmbito da disciplina de Ciências Naturais do 9º ano, foi proposta aos alunos a elaboração de uma árvore genealógica da família, relativa a uma característica hereditária (Fig. 7.25.). Constituiu-se num trabalho que apelou ao sentido de pesquisa e criatividade dos alunos.

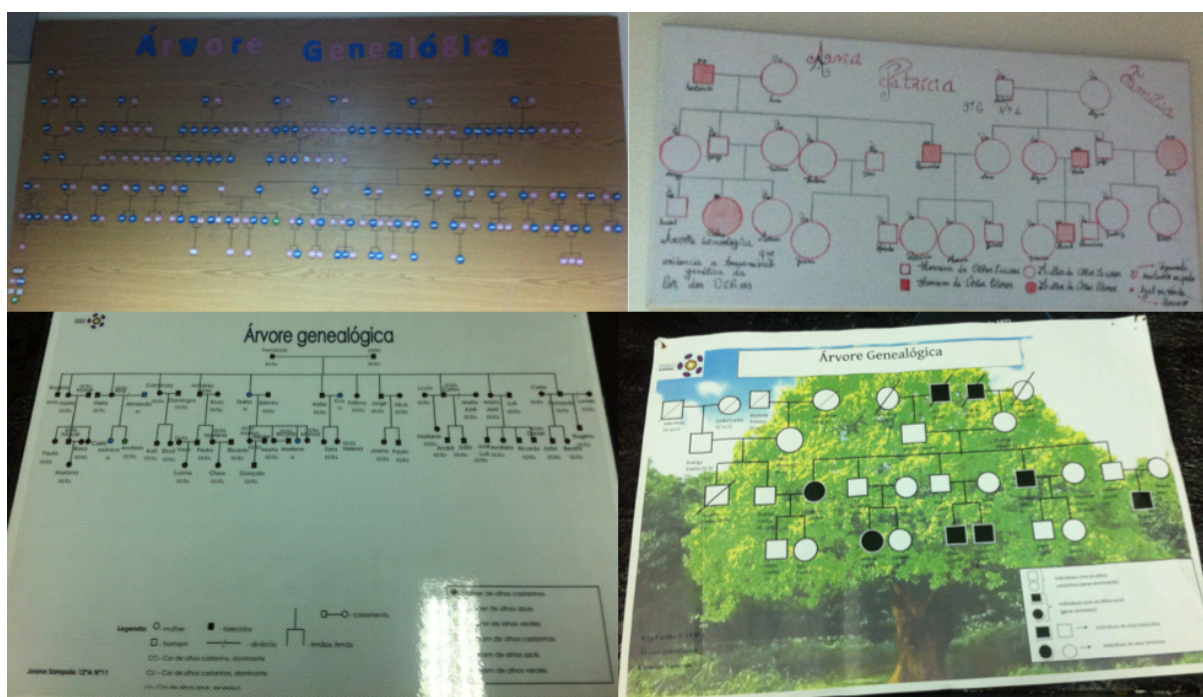


Fig. 7.25. Trabalhos de alunos de 9º ano, realizados no âmbito do estudo da transmissão de caracteres hereditários, na disciplina de Ciências Naturais.

CAPÍTULO 8- PROJETOS EDUCATIVOS

O desenvolvimento de projetos educativos nas escolas, parece-me fundamental, na medida em que daí decorrem ganhos para toda a comunidade educativa. O projeto mais significativo que desenvolvi, e no qual desempenhei funções de coordenação, foi o Projeto de Promoção e Educação para a Saúde. Além deste, saliento dois projetos em que também estive envolvida e que considero relevantes na minha atividade profissional, um deles o “Charcos com Vida” e o outro o “Projeto de Monitorização do Rio Neiva”.

Projeto de Promoção e Educação para a Saúde

No contexto nacional, a legislação em vigor obriga à inclusão da Promoção e Educação para a Saúde no Projeto Educativo das escolas, considerando-as um espaço privilegiado de educação para os valores, gerador de autonomia e participação cívica e capaz de proporcionar às crianças e jovens o desenvolvimento das suas potencialidades.

A Escola é um local de eleição para o estabelecimento de hábitos de vida saudáveis. A promoção e a educação para a saúde é um processo de capacitação, participação e responsabilização que inclui como objetivos levar os jovens, a sentirem-se competentes, felizes e valorizados, ao adotar e manter estilos de vida saudáveis.

Cabe então à Escola, disponibilizar informações e desenvolver competências que ajudem as crianças e os adolescentes na identificação de problemas e na tomada de decisões e ainda na participação na vida social, mantendo opções pró-sociais e saudáveis. Importa descobrir formas de ajudar crianças e adolescentes na procura de modos alternativos de lidar com fatores de stress, com o relacionamento com o outro género, bem como com os desafios da vida em geral, sem recurso a comportamentos desajustados de “externalização”: consumo de substâncias (tabaco, álcool e drogas) e violência, ou comportamentos desajustados de “internalização”: (depressão, sintomas físicos, ansiedade) ou ainda a uma sexualidade ligada ao risco (gravidez não desejada e Infecções Sexualmente Transmissíveis).

De acordo com a legislação em vigor é determinado que as Escolas incluam no seu Projeto Educativo as temáticas da Promoção e Educação para a Saúde nas seguintes áreas prioritárias, propostas pelo Ministério da Educação:

- 1 – Educação Alimentar e Atividade Física;
- 2 – Comportamentos Aditivos e Dependências;
- 3 – Afetos e Educação para a Sexualidade;
- 4 – Saúde Mental e Prevenção da Violência.

Neste âmbito foram diversas as atividades dinamizadas com a minha colaboração direta, enquanto membro da equipa do Projeto e mesmo enquanto coordenadora, entre os anos letivos de 2009/2010 e 2012/2013 na Escola Básica e Secundária de Airões.

Deixo aqui nota das seguintes atividades, exemplificativas do trabalho desenvolvido ao longo desses quatro anos, na promoção das áreas temáticas abrangidas pelo projeto:

- elaboração de uma folha de base do tabuleiro da cantina, para o dia mundial da alimentação, assim como a preparação de espetadas de fruta variada, para sobremesa nesse dia (Fig. 8.1.);

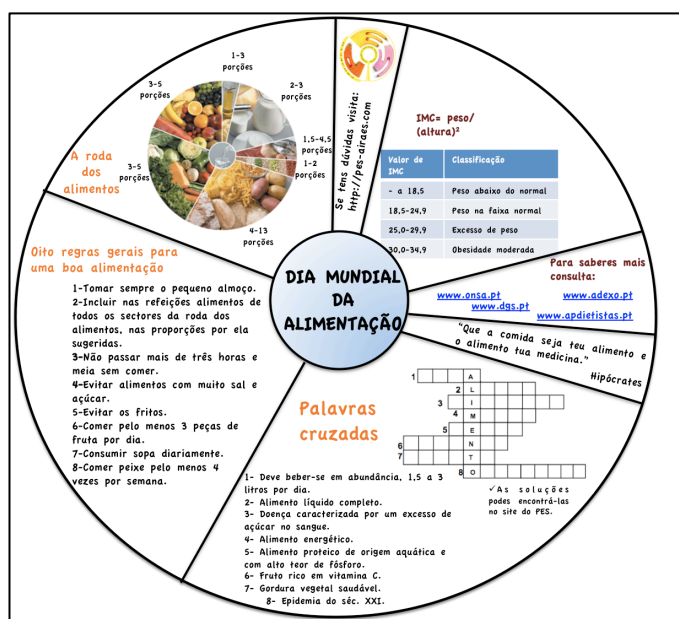


Fig. 8.1. Imagem representativa da folha de base do tabuleiro da cantina, elaborada para o dia mundial da alimentação.

- “Pedalar com o PES”, em que os alunos desde o 1º ciclo até aos do secundário tiveram a oportunidade de se inscreverem, para a realização de um percurso pelas principais artérias da freguesia de Airões, com início e término na Escola (Fig. 8.2.). Foi concebida uma t-shirt para oferecer aos alunos inscritos (Fig. 8.3.);



Fig. 8.2. Alunos participantes na atividade “Pedalar com o PES”.



Fig. 8.3. T-shirt concebida pela equipa do Projeto, para oferecer aos alunos participantes na atividade “Pedalar com o PES”.

- “Dê PES ao seu coração”, que consistiu na organização de uma caminhada no Seixoso (concelho de Felgueiras) para toda a comunidade educativa, em colaboração com a Unidade de Saúde Pública do Concelho (Fig. 8.4.);



Fig. 8.4. A- Cartaz elaborado em colaboração com a Unidade de Saúde Pública do Concelho de Felgueiras, com os “10 mandamentos para um coração saudável”, exposto no local de término da caminhada; B- elementos participantes da comunidade educativa.

- No âmbito da Educação para a Sexualidade foi feita a candidatura da Escola ao Programa Regional de Educação Sexual em Saúde Escolar (PRESSE), tendo sido aplicado desde o 1º ciclo ao ensino secundário. Esta candidatura exigiu que eu fizesse uma formação com a equipa que criou o programa, com o objetivo de dar formação aos meus pares. Ambicionando a acreditação dessa formação, foi necessário encetar uma série de contactos

junto do Centro de Formação de Associação de Escolas Sousa Nascente, para ser acreditada como formadora na área da Educação para a Saúde. Foi conseguida esta acreditação e levada a cabo a formação dos meus pares, em colaboração com as Enfermeiras que apoiavam a escola na educação para a saúde;

- Na comemoração do dia do Agrupamento de Escolas, o projeto convidou toda a comunidade educativa a participar numa pequena feira da saúde, disponibilizando rastreios auditivos, testes oftalmológicos (empresas da área convidadas a estar presentes com um carro de apoio móvel) e ainda rastreios no âmbito de análises clínicas, com a medição dos níveis de glicemia. Foi também contactado um ginásio para a demonstração de atividades físicas (Fig. 8.5.);



Fig. 8.5. Atividades promovidas pelo projeto para toda a comunidade educativa, na comemoração do dia do Agrupamento de Escolas de Airões, incluindo uma feira da saúde.

- Organização de uma dádiva de sangue, em resposta a um repto do Instituto Português do Sangue- Núcleo do Porto, tendo-se colocado em prática os meios considerados mais convenientes na divulgação da iniciativa, tais como: cartazes (Fig. 8.6.), notícias nos

meios de comunicação (rádios e jornais locais), envio de correio para as entidades eclesiais da vigaria e correio eletrónico para os demais interessados. A ação de sensibilização junto dos alunos e estes posteriormente no meio familiar, foi também fulcral para uma participação consciente e responsável dos dadores, que superou as expectativas (Fig. 8.7.). Houve a necessidade, tendo em conta a afluência, de prolongar a hora de término da colheita;



Fig. 8.6. Cartaz de divulgação da dávida de sangue, apelando à importância e significado deste gesto.



Fig. 8.7. Dávida de sangue a decorrer na Escola Básica e Secundária de Airães, tendo-se verificado uma participação da comunidade, que superou as expectativas.

- Foram levadas a cabo, em colaboração com profissionais de saúde, várias sessões sobre diversas temáticas que o projeto engloba, para diferentes públicos-alvo, nomeadamente VIH/SIDA, prevenção do consumo de álcool, hábitos de alimentação

saudável e higiene individual e coletiva, assim como uma ação de formação sobre primeiros socorros dirigida aos assistentes operacionais da escola;

- Pintura num espaço exterior da escola, de um jogo da glória subordinado ao tema do HIV/SIDA, levada a cabo por alunos sob a minha orientação e do outro elemento da equipa PES, constituindo-se numa forma lúdica de abordagem do tema, podendo ser utilizado por alunos e professores (Fig. 8.8.).



Fig. 8.8. Pintura do jogo da glória, subordinado ao tema VIH/SIDA, num espaço exterior da escola.

- Realização de uma tertúlia sobre a temática da inclusão, para alguns alunos da escola, tendo sido convidado para orador o, na altura (2010), Promotor do Cidadão com Deficiência da Câmara Municipal do Marco de Canaveses, Dr. Luís de Magalhães (Fig. 8.9.);



Fig. 8.9. Tertúlia sobre a inclusão, realizada no auditório da Escola Básica e Secundária de Airões.

- A criação e dinamização de um gabinete de apoio ao aluno, assim como a de um *site* do projeto, que permitia aos alunos colocarem as suas dúvidas e/ou sugestões, foram também

meios importantes para levar o projeto até junto dos alunos e perceber as suas necessidades (Fig. 8.10.);



Fig. 8.10. Dinamização do gabinete de apoio ao aluno, sendo decorado com a contribuição dos alunos e criação e divulgação do *site* do projeto.

- Implementação de programas nacionais que visam trabalhar junto dos alunos a alimentação e saúde oral, nomeadamente o Programa Passezinhos e o Projeto Sorriso.

Ainda no âmbito deste projeto, no presente ano letivo (2016/2017), como coordenadora e elemento da equipa, dinamizei uma atividade para o Dia Mundial da Luta contra a SIDA, que consistiu na elaboração de um painel alusivo ao tema (Fig. 8.11.), tendo sido distribuída a cada turma uma peça desse painel, assim como aos assistentes operacionais, assistentes administrativos e direção. Juntaram-se as peças para que o painel fosse exposto na escola.



Fig. 8.11. Painel alusivo à problemática do VIH/SIDA, no âmbito do Dia Mundial da Luta contra a SIDA, com a participação de toda a comunidade escolar.

Projeto “Charcos com Vida”

No ano letivo 2012/2013, colaborei no desenvolvimento do projeto “Charcos com Vida”, integrado, por sua vez, no projeto de Ciências Experimentais da Escola Básica e Secundária de Airões.

“Charcos com Vida” é um projeto organizado e gerido pelo CIBIO-DIV-Unidade de Divulgação e Comunicação de Ciência em Biodiversidade do CIBIO (Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos). Este projeto visa contribuir para a inventariação, adoção, construção e exploração pedagógica de charcos, sensibilizando para a importância destes habitats e permitindo o seu conhecimento e observação da sua biodiversidade. Começou por ser feita uma divulgação (Fig. 8.12.) do projeto junto dos alunos e restante comunidade escolar.



Fig. 8.12. Cartaz de divulgação do projeto “Charcos com Vida”.

Os alunos realizaram uma pesquisa e identificaram possíveis charcos a adotar. O primeiro charco adotado situa-se em terrenos contíguos à escola, na Quinta do Mosteiro, onde foram colhidas amostras de água e algumas espécies lá existentes (Fig. 8.13.).



Fig. 8.13. Pesquisa e adoção de um charco na Quinta do Mosteiro e colheita de amostras de água e de algumas espécies caraterísticas deste local.

Seguiu-se a análise de alguns parâmetros da água, como por exemplo, pH, temperatura e nitratos e a identificação da biodiversidade. Um investigador do CIBIO dinamizou uma palestra na escola (Fig. 8.14.), alertando os alunos para a importância da preservação e inventariação dos charcos a nível nacional. De seguida realizou-se uma saída de campo com alunos do 11º ano, onde foram observadas e analisadas em laboratório várias espécies animais e vegetais caraterísticas destes ambientes (Fig. 8.15.), nomeadamente a visualização das três espécies de tritões existentes a nível nacional.



Fig. 8.14. Dinamização de uma palestra por um investigador do CIBIO sobre a importância dos charcos.



Fig. 8.15. Observação, análise e identificação em laboratório, após uma saída de campo, de várias espécies animais e vegetais caraterísticas destes ecossistemas.

O trabalho desenvolvido culminou no final do ano letivo, com a construção de um charco no interior do recinto escolar (Fig. 8.16.), estando bem documentado todo este trabalho no blogue do projeto de ciências experimentais da Escola Básica e Secundária de Airães, <http://pce-airaes.blogspot.pt/2012/12/projeto-charcos-com-vida.html>.

Foram ainda elaborados alguns pósteres para a divulgação do projeto junto da comunidade educativa (Fig. 8.17.).



Fig. 8.16. Construção de um charco no interior do recinto escolar, que contou com a colaboração de dois investigadores do CIBIO, com um resultado final bastante recompensador.

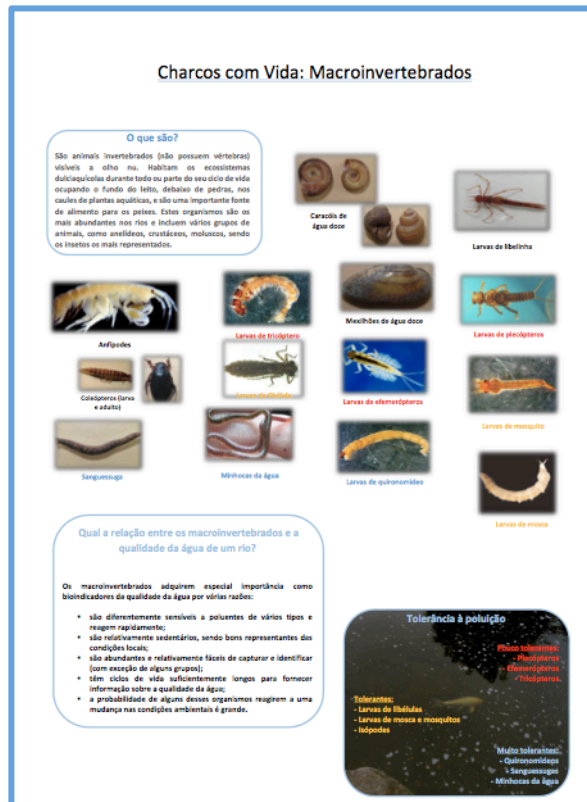


Fig. 8.17. Poster sobre os principais macroinvertebrados que podem ser encontrados e identificados num charco, assim como a sua tolerância à poluição.

Projeto de monitorização do Rio Neiva

No ano letivo de 2006/2007 colaborei com o desenvolvimento de um projeto do Ciência Viva, que consistiu na monitorização da qualidade da água do Rio Neiva, através da colheita de macroinvertebrados. Teve como principais objetivos a sensibilização dos alunos relativamente ao nível de poluição de um importante ecossistema da sua área de residência e a sua necessidade de preservação, assim como, o envolvimento num projeto com as diferentes etapas características de uma metodologia de investigação.

As comunidades de macroinvertebrados bentónicos têm sido largamente utilizadas para avaliar a qualidade biológica de ecossistemas lóticos. A sua grande diversidade taxonómica, associada a uma acentuada sensibilidade a fatores ecológicos, como no que se refere à especificidade para certos habitats e às suas sensibilidades diferenciais a vários tipos de pressões humanas (contaminação orgânica, acidificação, degradação morfológica, etc.), torna-os bons indicadores biológicos da qualidade da água destes ecossistemas (INAG, I. P., 2008). Estes organismos encontram-se distribuídos por vários grupos taxonómicos, desde insetos e crustáceos a anelídeos.

Na concretização deste projeto, foram selecionados seis locais de colheita ao longo do curso do rio e elaborada uma ficha de campo para a caracterização de cada um dos locais, fazendo registo de aspetos relativos ao rio e às margens.

Na avaliação da qualidade biológica da água, foram aplicados dois índices bióticos, o IBB- Índice Biótico Belga e o BMWP'- "*Bio-monitoring Working Party*" (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988), uma vez que estão estruturados e suficientemente testados de modo a poderem ser aplicados no nosso país com bastante fiabilidade. O índice BMWP' resultou de uma adaptação do índice BMWP à Península Ibérica, pelos investigadores Alba-Tercedor e Sánchez-Ortega, em que acrescentaram novas famílias à tabela original e trocaram a pontuação atribuída a algumas delas.

O trabalho foi desenvolvido com alunos das turmas de 9º ano, nas aulas de Ciências Naturais e em Área de Projeto, sendo estes capazes de ajudar na colheita das amostras dos diferentes locais, assim como na triagem feita em laboratório (Fig. 8.18.). A identificação dos macroinvertebrados ficou a meu cargo e da outra docente de Ciências Naturais, uma vez que é um trabalho moroso e que exigia um conhecimento que os alunos não tinham.

Os alunos demonstraram sempre grande interesse nas atividades desenvolvidas.



Fig. 8.18. Colheita de amostras de um dos locais monitorizados do Rio Neiva, com a colaboração de alunos do 9º ano.

PARTE III- FORMAÇÃO

CAPÍTULO 9- FORMAÇÃO CONTÍNUA ACREDITADA

Ao longo da minha atividade docente tive a preocupação de desenvolver algumas formações, tendo como prioridade o melhor desenvolvimento desta atividade, respondendo a novos desafios. Na tabela 9.1. apresento essas mesmas formações.

Tabela 9.1. Ações de formação acreditadas realizadas enquanto docente.

Ações de Formação			
Designação	Data/local	Descrição	Importância para a atividade docente
Promoção e Educação para a Saúde – Oficina de Formação	De 6 de Fevereiro a 18 de Abril de 2009, na Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico do Porto	Abordou metodologias e estratégias para trabalhar as temáticas envolventes.	Como parte integrante da equipa do projeto de educação para a saúde, foi uma mais valia para a sua dinamização.
Programa Regional de Educação Sexual em Saúde Escolar -PRESSE	De 12 de Julho a 16 de Julho de 2010 na Escola EB 2,3 de Rio Tinto Nº 2	Dinamizada pela equipa multidisciplinar que desenvolveu o PRESSE, visou metodologias de abordagem e intervenção na área da Educação Sexual na Escola.	Adquiri ferramentas que me permitiram ser formadora dos meus pares e implementar o Programa em todos os níveis de ensino do Agrupamento onde desempenhava as minhas funções.
A vida das borboletas num habitat ribeirinho- Oficina de Formação	De 4 de Março a 20 de Maio de 2015 na Escola Secundária Júlio Dantas	Abordou as potencialidades das borboletas como bons indicadores da qualidade ambiental em associação com outros bioindicadores, nomeadamente os macroinvertebrados bentónicos.	Foi possível observar material biológico, realizar uma saída de campo com os pares e formadores para a observação e estudo de borboletas e recolha de macroinvertebrados bentónicos.

CAPÍTULO 10 - FORMAÇÃO CONTÍNUA NÃO ACREDITADA

No que respeita à formação, realizei também algumas formações não acreditadas das quais tirei grande proveito para o desenvolvimento da minha atividade docente.

Tabela 10.1. Ações de formação não acreditadas realizadas enquanto docente.

Ações de Formação			
Designação	Data/local	Descrição	Importância para a atividade docente
Tecnologias de comunicação multimédia	De 22 de Dezembro de 2004 a 1 de Abril de 2005 nas instalações do centro pastoral de Amarante	Formação profissional na área das Ciências Informáticas, com um total de 448 horas presenciais e desenvolvida apenas para pessoas licenciadas.	Adquiri conhecimentos vastos sobre instrumentos básicos da informática, tecnologias de produção e comunicação multimédia, assim como instrumentos de desenvolvimento de aplicações multimédia. O desenvolvimento de uma ferramenta em flash sobre “DNA fingerprint” constituiu-se no projeto final desta formação.
Suporte Básico de Vida	Em Março de 2009 no Agrupamento de Escolas Amadeo de Souza Cardoso	Ministrada pela Cruz Vermelha-Delegação de Amarante, com uma abordagem às manobras essenciais do Suporte Básico de Vida.	Considero ser essencial a todas as pessoas possuir umas noções sobre suporte básico de vida, nomeadamente docentes que estão diariamente com crianças e onde, por vezes, surgem situações em que é preciso atuar rapidamente.

Designação	Data/local	Descrição	Importância para a atividade docente
Manuseamento de Extintores	Em Março de 2009 no Agrupamento de Escolas Amadeo de Souza Cardoso	Ministrada pelos Bombeiros Voluntários de Amarante.	Permitiu-me ter uma noção acerca dos diferentes tipos de extintores e das regras básicas do seu manuseamento.
Normas e Procedimentos de Atuação e Evacuação	Em Março de 2009 no Agrupamento de Escolas Amadeo de Souza Cardoso	Ministrada pelo Comando Distrital de Operações de Socorro do Porto.	Conhecer as normas e procedimentos de atuação e evacuação, em caso de incêndio ou outra situação que o justifique, parece-me ser um dever de cada elemento integrante de uma escola.
Workshop Violência nas Relações de Intimidade: Compreender para Intervir	Dia 14 de Abril de 2010 na Escola Secundária de Felgueiras	Dinamizado por um elemento da Comissão para a Cidadania e Igualdade de Género e um elemento da Comissão de Proteção de Crianças e Jovens de Felgueiras.	Conhecer e compreender a realidade a partir de quem lida diretamente com casos de violência nas relações de intimidade entre os adolescentes, é uma mais valia para trabalhar o tema e intervir precocemente junto deste público.
Encontro Regional sobre a Aplicação da Educação Sexual nas Escolas	Dia 5 de Maio de 2010, entre as 9h30 e as 17h30, na Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto	Dinamizado por um vasto conjunto de oradores, das áreas da educação e da saúde, onde foram abordados, entre outros assuntos, os resultados do trabalho desenvolvido pelas Escolas e a importância desta temática e envolvimento das famílias.	A partilha de conhecimentos e experiências por um leque alargado de profissionais da educação e da saúde, foi importante para projetar estratégias e atividades na minha atividade docente, como um dos elementos responsável pelo Projeto na Escola onde me encontrava.

Designação	Data/local	Descrição	Importância para a atividade docente
3º Encontro de Professores de Ciências Experimentais - Diálogos sobre Ciência	Dia 9 de Março de 2013 na Exponor, Porto.	Organizada pela Areal Editores, contando com vários oradores que fazem investigação nas áreas de Biologia e Geologia.	Atualizar conhecimentos na minha área disciplinar, o que é essencial na prática letiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desenvolvo o meu trabalho como docente do grupo de Biologia e Geologia há onze anos, sendo a docência a minha primeira opção quando concorri para o Curso de Ensino de Biologia e Geologia, por uma questão que ainda hoje acredito ser de vocação. Ao longo destes anos, exerci a minha atividade profissional em algumas escolas, que me proporcionaram experiências e desafios diversos, tendo já lecionado em todos os anos do 3º ciclo e ensino secundário, mas também em turmas de cursos CEF (Curso de Educação e Formação), vocacional, profissional e EFA (Educação e Formação de Adultos). A oportunidade de valorizar esta experiência profissional adquirida ao longo destes anos e enriquecer o meu conhecimento científico na área da Geologia, foram a base motivacional para a realização deste mestrado. Motivar os alunos para o estudo e conhecimento das rochas, incluindo-se aqui o grupo das rochas magmáticas ou ígneas, nem sempre se reveste da facilidade que era desejada. Considerei assim que um conhecimento mais aprofundado acerca deste tipo de rochas e dos contextos em que são geradas, seria também útil no processo de ensino aprendizagem.

As rochas magmáticas constituem-se numa “janela” para o interior da Terra, contribuindo para o conhecimento da sua estrutura interna, que de uma forma geral, apresenta três camadas quimicamente distintas (crusta, manto e núcleo) e tendo por base as propriedades reológicas dos materiais pode dividir-se em quatro camadas (litosfera, astenosfera, mesosfera e endosfera).

A litosfera encontra-se dividida em diferentes porções, às quais se dá o nome de placas tectónicas. A dinâmica do manto, nomeadamente os movimentos de convecção que aí ocorrem apresentam-se como responsáveis pelos movimentos dessas placas tectónicas. De acordo com esse movimento definem-se limites divergentes, convergentes e transformantes entre placas.

O magma, a partir do qual se formam as rochas magmáticas, corresponde a uma mistura complexa de líquido, materiais sólidos e gases. A composição química e as suas propriedades físicas, como a viscosidade e a densidade são fatores importantes que determinam o seu comportamento, nomeadamente, a velocidade de deslocamento, o tipo de erupção vulcânica a que poderá dar origem e a textura e mineralogia das rochas formadas a partir desse magma. A fusão de rochas e a formação de magma envolve

circunstâncias específicas, como a descompressão, a redução no valor do ponto de fusão das rochas devido à adição de voláteis ou o aumento de temperatura. A ascensão por diques ou *dyking* (para magmas básicos), a ascensão por *ballooning* ou diapirismo (para magmas ácidos) e o mecanismo conhecido por *stopping*, constituem-se em diferentes mecanismos explicativos da ascensão do magma a partir do manto.

De uma forma geral, os magmas podem ser classificados em quatro grupos, são eles o magma ultrabásico, básico, intermédio e ácido. São também utilizados os seguintes termos como equivalentes: magma ultramáfico= Komatiito; magma máfico= basáltico; magma intermédio= andesítico e magma félsico= riolítico.

Ao longo dos tempos foram diversos os critérios utilizados para a classificação das rochas magmáticas, no entanto a mineralogia e a composição química mantiveram-se e tornaram-se mesmo a principal base para a sua distinção. No que se refere às rochas plutónicas, é usada de forma comum a classificação proposta pela IUGS baseando-se na proporção dos minerais que as constituem, enquanto que para as rochas vulcânicas são usadas geralmente classificações baseadas na sua composição química.

A fonte e génese da maioria das rochas magmáticas está associada a diferentes contextos tectónicos e a material proveniente do manto, sendo considerada a existência de diferentes reservatórios nesta camada do interior da Terra, nomeadamente o DM- *Depleted Mantle*, PREMA – *Prevalent Mantle*, BSE- *Bulk Silicate Earth*, EMI- *Enriched Mantle I*, EMII- *Enriched Mantle II* e o HIMU (*high μ ; $\mu = {}^{238}\text{U}/{}^{204}\text{Pb}$*), em função de determinadas razões isotópicas. Para alguns destes reservatórios, os processos de contaminação crustal, normalmente associados à subducção, são importantes para a sua assinatura isotópica.

A atividade vulcânica intraplaca inclui o magmatismo oceânico, com a formação dos basaltos de ilhas oceânicas – OIB (*Ocean Island Basalt*) e as Largas Províncias Ígneas – LIP's (*Large Igneous Provinces*), com a formação de mantos basálticos a nível oceânico e em zonas continentais, de fluxos basálticos continentais– CFBs (*Continental Flood Basalts*). Os limites divergentes entre as placas tectónicas constituem-se no local do vulcanismo e plutonismo que origina a crosta oceânica, cobrindo mais de 70% da superfície da Terra. O tipo de rocha mais abundante, formada nestes locais é o basalto, chamado de MORB (*Midlle Ocean Ridge Basalt*) e os gabros em profundidade. A nível global no planeta a maior parte da subducção, em limites convergentes, localiza-se no anel de fogo do pacífico, a parte Oeste é caracterizada

por arcos insulares, resultado da convergência de duas placas oceânicas, enquanto que a margem Este é marcada pela subducção de placas oceânicas sob placas continentais, formando-se arcos continentais. Nos arcos insulares os andesitos e os andesitos basálticos são o tipo de rocha mais comum, embora nalguns vulcões de arcos, os basaltos representem mais de 80% dos produtos formados. Além destas rochas podem também ser encontrados dacitos e riolitos, mas de forma mais rara. As séries magmáticas presentes em arcos continentais são composicionalmente semelhantes às encontradas nos arcos insulares, registando uma maior abundância de rochas ricas em sílica, como o dacito e o riolito. A um processo de subducção em margens continentais pode seguir-se um contexto de colisão continental, onde predominam os granitóides. Para cada um destes contextos, são diversos os modelos explicativos para a génese das rochas magmáticas que envolvem, entre outros, fenómenos de ascensão de plumas térmicas, de metassomatismo do manto e mistura de material enriquecido em elementos incompatíveis com material empobrecido, na busca de uma explicação para uma tão grande diversidade de rochas. Embora se constituam apenas como modelos/hipóteses explicativas, fica aqui claro que estão atualmente a ser desenvolvidos estudos no sentido de alcançar um conhecimento cada vez maior nesta área. Decorre daqui também a importância de uma atualização científica por parte de um docente no desenvolvimento da sua atividade profissional.

No que se refere à apresentação e discussão de projetos desenvolvidos e competências adquiridas, assim como à formação realizada, considero ter descrito e feito prova de uma parte relevante do trabalho desenvolvido enquanto docente, no exercício da minha atividade profissional. Foram apresentados trabalhos desenvolvidos no âmbito curricular, nomeadamente a organização e realização de saídas de campo, de trabalhos laboratoriais e experimentais em contexto de sala de aula, assim como outras atividades que também contribuíram para a melhoria e enriquecimento do processo de ensino aprendizagem. A organização e realização completa de uma saída de campo exige a elaboração de diversos materiais, sendo considerado essencial um guia de campo para o aluno, que permita a sua preparação para a saída, assim como o melhor acompanhamento possível aquando da sua concretização, com tarefas a realizar durante e após a saída. A saída de campo ao Arouca Geoparque, organizada para alunos de 10º e 11º anos letivos e a visita à Pedreira do Galinha, no âmbito da disciplina de Ciências Naturais de 7º ano, são exemplos

disso mesmo. Nos trabalhos experimentais e laboratoriais é visível a importância dada à elaboração por parte dos alunos de um relato desse trabalho, na forma de um relatório tradicional ou mesmo na apresentação de um poster. A realização destes trabalhos é fundamental nos vários anos de escolaridade, assumindo ao nível do ensino secundário uma relevância muito significativa no estudo da quase totalidade dos conteúdos lecionados. A simulação de erupções vulcânicas, a extração de ADN e a observação ao microscópio de processos de reprodução assexuada, constituem alguns dos exemplos apresentados. Levar a cabo atividades como “A Feira dos Minerais” e a “Semana da Ciência”, permitiu uma participação ativa por parte dos alunos, a envolvimento de toda a comunidade escolar e a divulgação do trabalho desenvolvido. A organização de palestras com oradores convidados, exposição de materiais elaborados pelos alunos, uma peça de teatro apresentada por alunos e organização de uma feira da ciência com a mostra de diferentes atividades experimentais contribuiu também para motivar os alunos para o estudo das Ciências Físicas e Naturais.

A dinamização e a participação em projetos educativos tem sido também parte importante da experiência profissional adquirida. Foram apresentados, pela sua relevância, três projetos: o Projeto de Educação para a Saúde, o projeto “Charcos com Vida” e o Projeto de Monitorização do Rio Neiva. A saúde escolar e todas as temáticas por ela abrangidas, tem sido parte integrante do trabalho desenvolvido nas escolas, tendo já desempenhado funções de coordenação. A formação realizada nesta área permitiu responder a novos desafios, nomeadamente na formação de pares ao nível da educação sexual. A componente prática, de trabalho de campo e de laboratório com os alunos, do projeto “Charcos com Vida” e do Projeto de Monitorização do Rio Neiva foram a grande mais valia na sua implementação e desenvolvimento, assim como para este último, a estreita relação com o meio envolvente à escola e o interesse nos resultados obtidos.

No que respeita às ações de formação, existiram alguns constrangimentos associados à realização de formação acreditada, quer pela escassa disponibilização dessas formações no âmbito do grupo disciplinar, quer pela instabilidade na atividade docente. Contudo, ultrapassando estes constrangimentos, foi possível desenvolver as ações de formação elencadas neste relatório e todas elas foram importantes para a prática docente, pelo conhecimento adquirido e competências desenvolvidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBA-TERCEDOR, J. & SÁNCHEZ-ORTEGA, A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de hellawell (1978). In *Limnética*, Asociación Española de Limnología, Vol. 4, p. 51-56.

BERCOVICI, D., RICARD, Y., RICHARDS, M. A. (2000). The Relation Between Mantle Dynamics and Plate Tectonics: A Primer. In RICHARDS, M. A., GORDON, R. G., VAN DER HILST, R. D eds. *The History and Dynamics of Global Plate Motions*. Geophysical Monograph Series. American Geophysical Union, Vol.121 p.5–46.

BEST, M. G. (2003). *Igneous and Metamorphic Petrology*. 2th ed. Alemanha: Blackwell Publishing.

BONITO, J., MACEDO, R. C., PINTO, J.M.S. (1999). Metodologia das actividades práticas de campo no ensino das geociências na formação inicial de professores: uma experiência em pinhel. In COELHO, A. C., ALMEIDA, A. F., CARMO, J. M., SOUSA, N. R. (Coords.). *Educação em Ciências. Actas do VII Encontro Nacional*. Faro: Escola Superior de Educação da Universidade do Algarve, p. 144-178. [Consultado em 5/11/2016]. Disponível em <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/4868>>

CAWOOD, P. A., KRÖNER, A., COLLINS, W. J., KUSKY, T. M., MOONEY, W. D., WINDLEY, B. F. (2009). *Accretionary orogens through Earth history*. London: Geological Society, Special Publications, Vol.318, p.1-36.

DEPAOLO D.J. & WASSERBURG G.J. (1976). Nd isotopic variations and petrogenetic models. In *Geophys. Res. Lett.*, Vol.3, p.249-252.

DERCOURT, J. & PAQUET, J. (1986). *Geologia Objetos e Métodos*. Coimbra: Livraria Almedina.

DUTHOU, J.L. (coord.) (1992). *Les Isotopes Radiogéniques en géologie: chronologie, géochimie*. Paris: Société Française de Minéralogie et de Cristallographie (Eds).

- FARNETANI, C. G. & HOFMANN, A. W. (2011). Mantle Plumes. In GUPTA, H. K. *Encyclopedia of Solid Earth Geophysics*. Springer, p. 857-868. [Consultado em 23/01/2016]. Disponível em <<http://www.ipgp.jussieu.fr/~cinzia/2011-FarnetaniHofmannNEW.pdf>>
- FROST, B. R., & FROST, C. D. (2014). *Essentials of Igneous and Metamorphic Petrology*. Nova Iorque : Cambridge University Press.
- FROST, R. B., BARNES, C. G., COLLINS, W. J., ARCULUS, R. J., ELLIS, D. J., FROST, C. D. (2001). A Geochemical Classification for Granitic Rocks. In *Journal of Petrology*, Vol. 42, nº 11, p. 2033-2018. [Consultado em 13/09/2016]. Disponível em <<http://petrology.oxfordjournals.org/content/42/11/2033.full#sec-9>>
- GARNER, P. (1996). Continental Flood Basalts Indicate a pre-Mesozoic Flood/ post-Flood Boundary. In *CENTech. Journal*, Vol. 10 nº 1, p. 114-127. [Consultado em 3/07/2016]. Disponível em <https://creation.com/images/pdfs/tj/j10_1/j10_1_114-127.pdf>
- GASS, I.G., SMITH, P. J., WILSON, R.C.L. (1984). *Vamos Compreender a Terra*. Coimbra: Livraria Almedina.
- GROTZINGER, J., JORDAN, T. H., PRESS, F., SIEVER, R. (2007). *Understanding Earth*. 5th ed. New York: W. H. Freeman.
- HANYU, T, TATSUMI, Y., SENDA, R., MIYAZAKI, T., CHANG, Q., HIRAHARA, Y., TAKAHASHI, T., KAWABATA, H., SUZUKI, K., KIMURA, J. (2011). Geochemical characteristics and origin of the HIMU reservoir: A possible mantle plume source in the lower mantle. In *Geochemical, Geophysics, Geosystems Journal*, Vol. 12 nº 2. [Consultado em 21/11/2016]. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2010GC003252/full>>
- HODSON, D. (1988). Experiments in science teaching. In *Educational Philosophy and Theory*, Vol.20, nº2, p.53-66.
- HODSON, D. (1992). Assessment of practical work. In *Science & Education*, Vol.1, p.115-144.

INAG, I.P. (2008). *Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água Protocolo de amostragem e análise para os macroinvertebrados bentónicos*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.

JACKSON, M. G. & DASGUPTA, R. (2008). Compositions of HIMU, EM1, and EM2 from global trends between radiogenic isotopes and major elements in ocean island basalts. In *Earth and Planetary Science Letters*, Vol.276, p. 175-186. [Consultado em 2/12/2016]. Disponível em <http://www.matthewgjackson.com/uploads/3/6/6/5/3665856/12_jackson_dasgupta_epsl2008.pdf>

JAIN, S. (2014). *Fundamentals of Physical Geology*. India: Springer. [Consultado em 23/10/2016]. Disponível em <https://archive.org/details/Fundamentals_of_Physical_Geology_by_Sreepat_Jain>

KARATO, I. & OHTANI, E. (1993). *Earth, Interior Structure of The*. Revised by TRIGG, G. L., VERA, E. S., GREULICH, W.. 1th ed. New York: VCH Publishers, Vol. 5, p. 127-148. [Consultado em 18/10/2015]. Disponível em <<http://www.dynamicearth.de/Lectures/Tekto.SoSe11/Vorlesung/ko93.pdf>>

LE BAS, M. J. & STREICKEISEN, A. L. (1991). The IUGS systematics of igneous rocks. In *Journal of the Geological Society*. London, Vol.148, p. 825-833. [Consultado em 5/04/2016]. Disponível em <<https://www.utdallas.edu/~aiken/SHAKEBAKE/rockclassification.pdf>>

LEITE, L. (2000). O trabalho laboratorial e a avaliação das aprendizagens dos alunos. In Sequeira, M. *et al.* (org.). *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*. Braga: Universidade do Minho, 91 - 108.

MANGLIK, A. (2010). *New insights into core-mantle boundary region and implications for Earth's internal processes*. Current Science, Vol. 99, nº12, p. 1733-1738.

MATIAS, O., MARTINS, P., DIAS, G. A., GUIMARÃES, P., ROCHA, P. (2007). *Biologia e Geologia 10/11- Caderno de Actividades*. Porto: Areal Editores.

- NIU, Y. (2009). Some basic concepts and problems on the petrogenesis of intra-plate ocean island basalts. In *Chinese Science Bulletin*. Springer Science in China Press, Vol. 54, p.4148—4160. [Consultado em 27/06/2016]. Disponível em <<https://community.dur.ac.uk/yaoling.niu/MyReprints-pdf/2009Niu-CSB.pdf>>
- PERFIT, M. R. & DAVIDSON, J. P. (2000). Plate Tectonics and Volcanism. In SIGURDISSON, H., HOUGHTON, B., McNUTT, S. R., RYMER, H., STIX, J. eds. *Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press, Part I, p.89-114.
- PHILPOTTS, A.R. (1989). *Petrography of Igneous and Metamorphic Rocks*. United States of America: Waveland Press, Inc.
- ROLLINSON, H. R. (1993). *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. England: Pearson Education Limited.
- STEINER, S. A. & CONRAD, C. P. (2007). Does active mantle upwelling help drive plate motions?. In CORMIER, V., HIROSE, K., JELLINEK, M., JONES, C. eds. *Physics of the Earth and Planetary Interiors – Journal*. Elsevier, Vol. 161, p. 103-114. [Consultado em 5/12/2015]. Disponível em <http://www.soest.hawaii.edu/GG/FACULTY/conrad/papers/Steiner_Conrad_PEP2007.pdf>
- SEN, G. (2014). *Petrology Principles and Practice*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- SIAL, A. N. & MCREATH, I. (1984). *Petrologia Ígnea: os fundamentos e as ferramentas de estudo*. Salvador: SBG; CNPq; BUREAU, Vol.1.
- SIMÕES, P.P. (2000). Instalação, geocronologia e petrogénese de granitóides biotíticos hercínicos associados ao cisalhamento Vigo-Régua (ZCI, Norte de Portugal). Ph.D. Thesis, Universidade do Minho, Braga, Portugal/Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, França, 351p.
- SONG, S., WANG, M., WANG, C., NIU, Y. (2015). Magmatism during continental collision, subduction, exhumation and mountain collapse in collision- al orogenic belts and continental

net growth: A perspective. In *Science China Earth Sciences*, Vol.58, p. 1284–1304.

STRACKE, A. (2012). Earth's heterogeneous mantle: A product of convection-driven interaction between crust and mantle. In *Chemical Geology*, Vol. 330-331, p.274-299.

WEINBERG, R. F. & PODLADCHINIKOV, Y. (1994). Diapiric ascent of magmas through power law crust and mantle. In *Journal of Geophysical Research*. American Geophysical Union, Vol. 99, p. 9543-9559. [Consultado em 22/03/2016]. Disponível em <http://folk.uio.no/yuripo/papers/weinberg_jgr94.pdf>

WEINBERG, R. F. (1999). Mesoscale pervasive felsic magma migration: alternatives to dyking. In *Journal Lithos*. Elsevier Science, Vol.46, p. 393-410. [Consultado em 22/03/2016]. Disponível em <http://users.monash.edu.au/~weinberg/PDF_Papers/Weinberg_1999_Lithos.pdf>

WILSON, M. (1989). *Igneous Petrogenesis A Global Tectonic Approach*. 1th ed. The Netherlands: Springer.

WINTER, J. D. (2001). *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*. New Jersey: Prentice Hall.

WITT-EICKSCHEN, G., SECK, H. A., MEZGER, K., EGGINS, S. M., ALTHERR, R. (2003). Lithospheric Mantle Evolution beneath the Eifel (Germany): Constraints from Sr-Nd-Pb Isotopes and Trace Element Abundances in Spinel Peridotite and Pyroxenite Xenoliths. In *Journal of Petrology*, Vol. 44, nº 6, p. 1077-1095. [Consultado em 26/11/2016]. Disponível em <<https://petrology.oxfordjournals.org/content/44/6/1077.full>>

WORKMAN R. K., HART, S. R., JACKSON, M., REGELOUS, M., FARLEY, K.A., BLUSZTAJN, J., KURZ, M., STAUDIGEL, H. (2004). Recycled metasomatized lithosphere as the origin of the Enriched Mantle II (EM2) end-member: Evidence from the Samoan Volcanic Chain. In *Geochemical, Geophysics, Geosystems Journal*, Vol. 5 nº 4. [Consultado em 21/11/2016]. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2003GC000623/full>>

WORNER, G. (2009). Processes of magma evolution and magmatic suites. In BENEDETTO, D. V., GASEMAN, B., KURT, S. eds. *Geology*. Encyclopedia of Life Support Systems. Oxford, United Kingdom: Eolss Publishers/UNESCO, Vol. II, p. 79-99. [Consultado em 06/02/2016].

Disponível em

<https://books.google.pt/books?id=XqePDAAAQBAJ&pg=PA348&dq=1848260059&hl=pt-PT&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=1848260059&f=false>

ZHU, D., WANG, Q., ZHAO, Z., CHUNG, S., CAWOOD, P. A., YAOLING, N., LIU, S., WU, F., MO, X. (2015). Magmatic record of India-Asia collision. In *Scientific Reports*, Vol. 5, nº 14289. [Consultado em 10/09/2016].

Disponível em <<http://www.nature.com/articles/srep14289?trendmd-shared=0>>

REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

A stiff new layer in Earth's mantle, disponível em

<http://www.sciencedaily.com/releases/2015/03/150323130849.htm>, consultado em 26/11/2015

Vista em corte da cadeia vulcânica do Hawaii, disponível em

<http://geology.com/usgs/hawaiian-hot-spot/>, consultado em 4/01/2016

As Pillow Lavas do ofiolito de Oman, disponível em

<http://www.amusingplanet.com/2015/12/the-pillow-lavas-of-oman-ophiolite.html>, consultado em 15/04/2016

Rede de diques do ofiolito de *Troodos*, disponível em

<http://www.sandatlas.org/sheeted-dikes-of-the-troodos-ophiolite/>, consultado em 15/04/2016

Gabro foliado nos ofiolitos a norte da cidade de *Moa*, Cuba, disponível em

<https://www.staff.uni-mainz.de/kroener/cuba1.htm>, consultado em 15/04/2016

Harzburgito foliado do ofiolito de *Troodos*, disponível em

<http://www.sandatlas.org/peridotite/>, consultado em 15/04/2016

Peridotito do manto, disponível em

<http://gemoc.mq.edu.au/Annualreport/annrep2008/Reshigh08.html>, consultado em 15/04/2016

Workshop, *Petrography and Petrogenesis of a Mid-Ocean Ridge Lava Suite*, Smith e Perfit, 2007, University of Florida, disponível em

https://d32ogoqmya1dw8.cloudfront.net/files/NAGTWorkshops/petrology/teaching_examples/MORB_Petrography_and_petrology_Vsubmitted.pdf, consultado em 30/04/2016

Projeto de Ciências Experimentais, do Agrupamento de Escolas de Airões, disponível em <http://pce-airaes.blogspot.pt/2012/12/projeto-charcos-com-vida.html>, consultado em 10/09/2016

ANEXOS

Anexo I. Saída de campo ao Arouca Geoparque: Planificação e Autorização

ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA DE CELORICO DE BASTO

VISITA DE ESTUDO AO GEOPARQUE DE AROUCA (SERRA DA FREITA): “DA MIZARELA ÀS PEDRAS PARIDEIRAS”

VISITA DE ESTUDO AO CENTRO DE INTERPRETAÇÃO DE CANELAS: “MUSEU E UNIDADE DE TRANSFORMAÇÃO” + “ROTEIRO DO PALEOZÓICO”

A presente atividade permitirá aos alunos do 10º e 11º anos visitar o Geoparque de Arouca, bem como o Centro de Interpretação de Canelas, no âmbito da disciplina de Biologia e Geologia no dia 26 de fevereiro.

Da parte da manhã, pelas 10.00 horas, os alunos do 11º ano visitam o Geoparque e os alunos de 10º ano o Centro de Interpretação de Canelas.

Da parte da tarde, pelas 14.30 horas, será ao contrário, ou seja, os alunos do 10º ano visitam o Geoparque e os de 11º ano o Centro de Interpretação de Canelas.

Objetivos:

- ☉ Reconhecer os recursos geológicos como bens importantes que o ser humano utiliza na produção dos mais variados produtos;
- ☉ Complementar os conhecimentos adquiridos nas aulas;
- ☉ Proporcionar aos alunos diferentes formas de aprendizagem;
- ☉ Saber o que é um Geoparque, um Geossítio e o que é o Património Geológico;
- ☉ Compreender o contributo dos agentes erosivos para a formação e alteração de rochas e paisagens naturais;
- ☉ Aprender a distinguir diferentes tipos de rochas;
- ☉ Conhecer a maior queda de água em território continental português e compreender os processos que lhe deram origem;
- ☉ Analisar diferentes geoformas graníticas;
- ☉ Entender a excecionalidade do Granito Nodular da Castanheira (“Pedras Parideiras”);
- ☉ Desenvolver a capacidade de observação;
- ☉ Incrementar o espírito de curiosidade e a reflexão crítica.

O custo total da visita é de 17,50 euros (7,50 euros do custo da viagem + 4 euros para visitar o Museu e a Unidade de Transformação do Centro de Interpretação de Canelas + 2 euros para percurso pedestre “Rota do Paleozóico” + 4 euros para a visita ao Geoparque de Arouca – Frecha da Mizarela + filme 3D na “Casa das Pedras Parideiras”).

A hora de saída está marcada para as 8.15 horas. O regresso está previsto para as 18.00 horas.

Nota Final:

Os alunos devem fazer-se acompanhar de um pequeno lanche para o almoço, uma vez que a visita da manhã termina às 12.00 horas. De seguida, será feita a viagem até Arouca, com paragem no Parque de Campismo do Merujal, em plena Serra da Freita, onde decorrerá o almoço. Pelas 14.30 horas, terá início a visita de estudo programada para a parte da tarde.

Celorico de Basto, 11 de fevereiro de 2014

Os Professores,
Isabel Dinis Pessoa, Estela Sousa e Maria José Nogueira



ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA DE CELORICO DE BASTO

VISITA DE ESTUDO AO GEOPARQUE DE AROUCA (SERRA DA FREITA):
"DA MIZARELA ÀS PEDRAS PARIDEIRAS"

VISITA DE ESTUDO AO CENTRO DE INTERPRETAÇÃO DE CANELAS:
"MUSEU E UNIDADE DE TRANSFORMAÇÃO" + "ROTEIRO DO PALEOZÓICO"

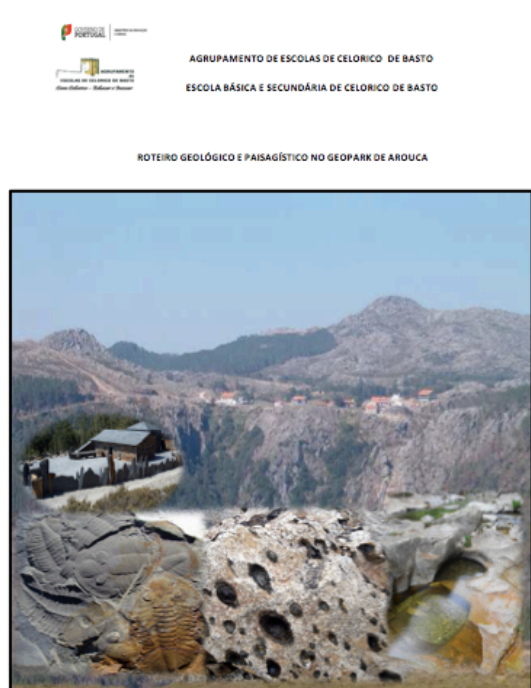
AUTORIZAÇÃO DA VISITA DE ESTUDO

Eu, _____ Encarregado de Educação do aluno
_____, nº _____ da turma _____
do _____º ano, **autorizo / não autorizo** (riscar o que não interessa) o meu educando a
participar na visita de estudo, a 26 de fevereiro de 2014, realizada no âmbito da disciplina
de Biologia e Geologia.

_____, _____ de fevereiro de 2014

O Encarregado de Educação

Anexo II. Saída de campo ao Arouca Geoparque: Partes representativas do Guia de campo do aluno



ÍNDICE

INTRODUÇÃO	3
1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA SAÍDA DE CAMPO	6
2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DA SAÍDA DE CAMPO	7
3. OBJETIVOS DA SAÍDA DE CAMPO	8
4. MATERIAL A UTILIZAR NA SAÍDA DE CAMPO	8
5. REGRAS A SEGUIR DURANTE A SAÍDA DE CAMPO	8
6. ATIVIDADES NA ROTA DO PALEOZÓICO	9
7. ATIVIDADES NA SERRA DA FREITA	11
8. ATIVIDADES PÓS-VISITA	16
9. NOTAS FINAIS	16
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
ANEXOS	18
ANEXO A: ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	19
ANEXO B: EXTRATO DA FOLHA 155 (AROUCA) DA CARTA TOPOGRÁFICA DE PORTUGAL (1:25 000)	
ANEXO C: MAPA GEOLÓGICO DE PORTUGAL CONTINENTAL	21

"Uma visita ao Geopark de Arouca desestabiliza as ideias-feitas que possamos ainda guardar sobre rochas: longe de serem todas iguais, se umas parecem parir, outras contam várias histórias, numa epopeia natural vertida em milhões de anos de evolução."

Jorge Gomes, *As Rochas Desiguais*, reportagem publicada na revista Parques e Vida Selvagem Nº 27 (21/3/2009 a 20/6/2009).

INTRODUÇÃO

Esta saída de campo (ou visita de estudo, como é hábito ser designada...) está programada para duas áreas distintas do Geopark de Arouca (Geopark da UNESCO desde 2009, com 328 km² e 41 *geossítios* de interesse geológico identificados) – Canelas, por um lado, e aldeias da Mizarela e Castanheira, em plena Serra da Freita, por outro –, com um conjunto diversificado de atividades de cariz geológico a desenvolver em cada uma.

Na região de Canelas, nos arredores de Arouca, vamos realizar um percurso pedestre circular com cerca de 3 km, denominado Rota do Paleozóico, em virtude de ao longo do mesmo ser possível a observação de rochas, fósseis e icnofósseis da Era Paleozóica.

De seguida vamos visitar o Centro de Interpretação Geológica de Canelas, um espaço museológico que encerra um espólio natural de fósseis (restos de seres vivos) e icnofósseis (vestígios de seres vivos) desta Era Geológica, de grande relevância a nível europeu e mundial.

Tudo terá começado há cerca de 480 Ma (Período Ordovícico) com uma transgressão marinha, nas margens pouco profundas do *supercontinente Gondwana*, em latitudes então muito próximas do *Pólo Sul*.

Esta está retratada na deposição, em discordância angular com rochas mais antigas, de seixos associados a sedimentos e cinzas provenientes de erupções vulcânicas, que originaram os conglomerados de matriz *vulcano-sedimentar* atuais. A estes últimos, seguiu-se o depósito de novos materiais, fundamentalmente constituídos por areias, que vieram a formar os quartzitos, nos quais ficaram preservados inúmeras marcas de atividade de seres vivos (icnofósseis), merecendo destaque as pistas de *Cruziana*, realizadas por artrópodes.

A contínua subida do nível médio das águas do mar então verificada, fez com que os materiais depositados em seguida fossem mais finos (*siltos* e argilas), o que ajudou de sobremaneira à fossilização de muitos dos seres vivos, que então ocupavam estes habitats, e

Todo um conjunto de seres mais ou menos primitivos, que habitavam e dominavam os mares, numa altura em que a Terra era estéril e onde não existiam ainda plantas. O depósito destes materiais nem sempre foi contínuo, sendo uma dessas interrupções marcada atualmente pela existência de um nível pouco espesso de ferro sedimentar. Após a ocorrência de uma importante paragem na sedimentação (*glaciação*, 15 Ma), e num período marcado por uma intensa glaciação, há cerca de 445 Ma, começámos por assistir ao depósito de areias, que posteriormente originaram quartzitos, e com a progressiva subida do nível do mar, ao depósito de *siltos* e argilas, que geraram *gesso-xistos*, onde se intercalaram pequenos seixos. Estes últimos estavam inicialmente aprisionados nos icebergs, à deriva no mar, e devido à fusão do gelo desprenderam-se e depositaram-se no fundo do mar sob a forma de uma "chuva de *chert*".

Com o constante aprofundar do mar, e já durante o Período Silúrico (443 a 416 Ma), assistiu-se ao depósito de sedimentos muito finos e em condições de muito baixa oxigenação, que originaram xistos negros, pontualmente intercalados por níveis finos de quartzitos, onde ficaram preservados alguns fósseis de seres *planctónicos* coloniais, denominados Graptólitos, atualmente muito importantes na determinação da idade de rochas tão antigas quanto estas. Posteriormente, com o abaixamento progressivo do nível do mar, durante o Período Devoniano (416 a 359 Ma), e o consequente depósito de materiais mais arenosos, formaram-se *gesso-xistos* e quartzitos, onde ficaram preservados restos de trilobites e de peixes, entre outros.

Ao recuo total do mar que cobria estes materiais, não é de todo alheia a ação da tectónica (Orogenia *Varisca*) que, dobrando estes materiais, conduziu à formação de uma importante cadeia montanhosa, da qual o denominado Anticlinal de Valongo é hoje uma reminiscência. Esta movimentação conduziu à formação de uma bacia de sedimentação continental (lacustre), na parte final do Período Carbonífero (há cerca de 300 Ma), com desenvolvimento de frondosa vegetação nas suas margens, que mais tarde originaria o carvão, amplamente explorado nas minas de S. Pedro da Cova e do Pejão, a montante do concelho de Arouca. Dentro desta região, os materiais depositados nesta altura são representados por xistos com fósseis de vegetais, intercalados com arenitos, e um espesso conglomerado, resultante da erosão e desagregação das vertentes da bacia carbonífera.

O dobramento sofrido por estas rochas foi o resultado, da reunião dos vários continentes então existentes e que culminaria na formação de um *supercontinente* – a Pangeia – há cerca de 250 Ma.

A outra visita decorrerá nas localidades de Mizarela e Castanheira, onde vamos efetuar

modo, na Era Paleozóica, para melhor compreendermos o período da História da Terra em que os continentes de outrora se aproximavam uns dos outros para formarem o **supercontinente Pangeia** e a cordilheira montanhosa, nas suas fronteiras de colisão designada por "Cadeia **Varisca**" (ou **Varisca**), que se prolongava então desde os Apalaches aos Urais, mas atualmente muito erodida pelas inexorabilidade das forças erosivas e do tempo geológico.

NOTA: O roteiro geológico que se segue apresenta um conjunto de questões a que deves tentar responder, após observação atenta das formações rochosas (de natureza granítica e **metassedimentar**), das estruturas geológicas e dos aspetos **geomorfológicos** e paisagísticos, com a colaboração de todos os elementos do grupo.

1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA SAÍDA DE CAMPO

A região de Canelas, e a Serra da Freita, situada nas localidades de Mizarela e Castanheira – freguesia de Albergaria da Serra – integram o concelho de Arouca, localizado no extremo nordeste do distrito de Aveiro, entre o Douro e o Vouga, distando cerca de 60 km de Aveiro e 65 km do Porto.

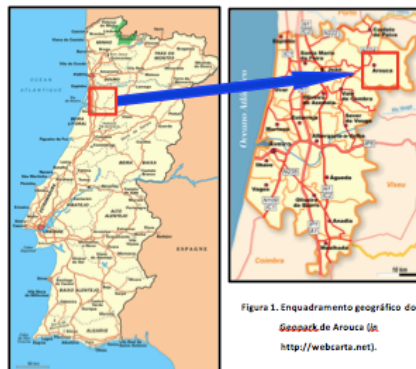


Figura 1. Enquadramento geográfico do **Geopark de Arouca** ([in http://webcarta.net](http://webcarta.net)).

6. ATIVIDADES NA ROTA DO PALEOZÓICO

O pequeno mapa da figura 3 enquadra as paragens a efetuar durante a **Rota do Paleozóico**.

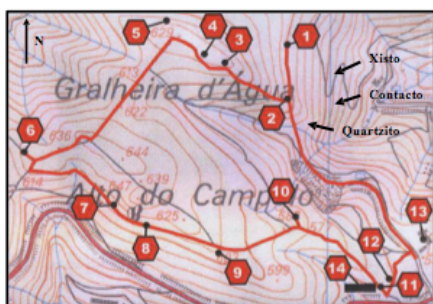


Figura 3. Perspetiva das paragens na Rota do **Paleozóico** (mapa adaptado do **desdobrável Os Tesouros Geológicos do Pedreiro do Valério**, 2007).

6.1. Orienta o mapa da figura e identifica a rocha da paragem 1.

6.2. A rocha da paragem 2 chama-se quartzito, sendo formada, como o próprio nome indica, por quartzo.

6.2.1. Explica como se terá formado esta rocha.

6.3. Da paragem 3 observam-se geradores edóicos na Serra de Montemuro.

6.3.1. Indica uma vantagem e uma desvantagem da implantação das torres edóicas em paisagens como a que desfrutas deste ponto.

- **Vantagens:**
- **Desvantagens:**

6.4. Na paragem 5 podes observar icnofósseis (marcas) de animais marinhos, formados de acordo com a figura 4.

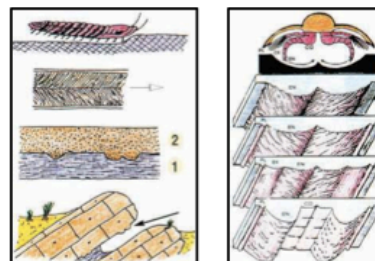


Figura 4. Esquema representativo da génese dos icnofósseis de **Couçães**, ([in Sá & Preto, 2007](#)).

NOTA: Estas marcas caracterizam-se por apresentarem dois lóbulos paralelos em relevo, ornamentados por cristas oblíquas, que correspondem às estrías deixadas pelos apêndices locomotores de animais artrópodes ([Sá & Preto, 2007](#)). Para estes autores (2007), estes vestígios foram traçados abrindo um duplo sulco em sedimentos argilosos sobre o fundo, com posterior colmatagem por areias bem calibradas a que se seguiu litificação (transformação em rocha). Por erosão da camada argilosa, menos resistente, o duplo sulco de **Couçães** conservou-se até aos nossos dias, moldado em relevo inverso na face inferior dos estratos **quartzíticos**.

7.2.5.1. Com base na figura diz como se chamam as fraturas que observas no granito.

7.2.5.2. Identifica alguns agentes erosivos responsáveis por, daqui a alguns milhões de anos, esta serra se encontrar ao nível do mar.

7.3. Na segunda paragem deste percurso – “Pedras Boroas do Junheiro” –, um **geossítio**, localizado no planalto de Albergaria da Serra, só tens que responder a uma questão, após observação atenta da curiosa formação rochosa reproduzida na figura 8.



Figura 8. Uma das “Pedras Boroas do Junheiro”.

7.3.1. Por que motivo se designa este afloramento por “Pedra Boroa”?

NOTA: Estas microformas graníticas de alteração em fissuração polygonal formaram-se depois do afloramento da rocha, sendo constituídas por uma rede polygonal de fissuras de baixa profundidade. A sua origem estará associada a processos complexos, relacionados com instabilidade nas plaquetas exteriores do granito (texto adaptado da página da Internet do **Geopark de Arouca**).

7.4. Na paragem 3 – “Campo de Dobras da Castanheira” –, outro **geossítio**, e ao longo do percurso pedestre até à derradeira paragem é possível identificar numerosas estruturas nos **outasavandoposos**, a que os geólogos chamam **dobras**.

7.4.1. Desenha uma das **dobras** e assinala no esquema, com duas setas, o tipo de forças (compressivas – ou **dobras** – ou **dobras**) – que lhes deu origem.

7.4.2. À medida que te aproximas do casário de Castanheira surgem, intercalados na rocha **outasavandoposos**, interetando-a, **filões** de quartzo, representativos da circulação de fluidos que terá ocorrido na fase final de consolidação dos granitos da Serra da Freita e da Castanheira.

7.4.2.1. Tendo em conta o que aprendeste nas aulas, indica a idade relativa destes **filões** relativamente à rocha **outasavandoposos**. Justifica a resposta.

7.4.3. Estamos quase a chegar à última paragem e vai observando (sem caíres na tentação de os recolher) os nódulos de biotite (mica preta) que começam a aflorar, um mineral associado às “**Pedras Parideiras**”, destacando-se delas por erosão diferencial. A formação destes nódulos permanece ainda controversa no seio da comunidade científica.

7.5. Chegámos, por fim, à última paragem deste périplo – “**Pedras Parideiras**” –, também um **geossítio**, onde é possível observar um fenómeno único a nível mundial (figura 9) e por isso este afloramento é um autêntico **geoparques**, que deve ser preservado como genuíno Património da Humanidade.



Figura 9. “Pedras Parideiras” no granito da Castanheira e esquema de um nódulo **biotítico** (Beaux et al., 1993, in Aguiar et al., 2006).

ANEXO A: ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	Idade (Ma)	Características Biológicas	Características Geológicas	Características Paleogeográficas
PRÉ-CAMBRIANO	PRÉ-CAMBRIANO	PRÉ-CAMBRIANO	4600	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			4200	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			3800	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			3400	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			3000	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			2600	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			2200	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			1800	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			1400	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			1000	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
CAMBRIANO	CAMBRIANO	CAMBRIANO	660	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			540	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			420	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			300	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			250	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			200	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			150	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			100	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			50	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida
			0	Formação de vida	Formação de vida	Formação de vida

NOTA: Escala Cronoestratigráfica adaptada a partir de GEOPOR:
<http://www.geopor.pt/imagens/Hterra.JPG>.

ANEXO B: EXTRACTO DA FOLHA 155 (AROUÇA) DA CARTA TOPOGRÁFICA DE PORTUGAL (1:25 000)



Anexo III. Visita de Estudo ao Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire – Pedreira do Galinha e Castelo de Leiria – Planificação

PLANIFICAÇÃO

1. Descrição da Actividade

Tema	Vista de Estudo ao Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire – Pedreira do Galinha e ao Castelo de Leiria
Calendarização	17 de Maio de 2013
Objectivos Gerais	<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir ou consolidar conhecimentos específicos; - Manifestar desejo de saber, empenhando-se no aprofundamento dos seus conhecimentos; - Respeitar e valorizar o património cultural e natural, enquanto recurso para o desenvolvimento individual e coletivo e assumir responsabilidades na sua preservação; - Desenvolver a capacidade de observação e espírito crítico; - Estimular o espírito de investigação; - Adquirir técnicas de recolha e organização de diferentes tipos de informações; - Elaborar sínteses escritas a partir da informação recolhida; - Promover regras de conduta; - Desenvolver as relações professor-aluno e escola-meio;
Docentes responsáveis	Maria José Nogueira
Docentes Acompanhantes	
Docente responsável pelos alunos que ficam na escola	
Destinatários	Turmas A , B, C, D e E do 7º Ano.
Horário	Partida: 7h ----- Chegada: 18h30
Itinerário	Escola (Airões) – Monumento Natural de Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire (Ourém) – Castelo de Leiria (Leiria) – Escola (Airões)
Transporte	Autocarro

Refeições	Merenda
Preço por pessoa	Escalão A – 0€ Escalão B – 7€ Sem Escalão – 14€

2. Integração Curricular da Atividade

	Objetivos	Conteúdos	Atividades	Avaliação
Ciências Naturais	<ul style="list-style-type: none"> -Identificar fósseis. -Compreender os processos de fossilização. -Reconhecer a importância dos fósseis na reconstituição da história da Terra. -Identificar rochas sedimentares. - Observar estruturas geológicas, nomeadamente falhas. - Consolidar conhecimentos abordados nas aulas. 	<p>A Terra conta a sua História</p> <ul style="list-style-type: none"> -Fósseis e sua importância para a reconstituição da história da Terra -Grandes etapas da história da Terra <p>Dinâmica interna da Terra</p> <p>Ocorrência de falhas e dobras.</p>	<p>Antes da Visita:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motivação/Sensibilização dos alunos para os temas através da análise de documentos relacionados com os locais a visitar; - Entrega de um guião da visita. <p>Após a Visita:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de um poster com todos os aspetos essenciais da visita. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observação dos alunos durante a visita - Guião - Poster

História	<ul style="list-style-type: none"> - Despertar o gosto pela História de Portugal. - Conhecer locais relevantes no processo da reconquista cristã e da formação do reino de Portugal. - Ajudar os alunos a consolidar os conhecimentos teóricos adquiridos em contexto de sala de aula. - Desenvolver nos alunos o gosto pela preservação do património e da memória coletiva. 		<p>Antes da Visita:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Motivação/Sensibilização dos alunos para os temas através da análise de documentos relacionados com os locais a visitar; - Entrega de um guião da visita. <p>Após a Visita:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de um poster com todos os aspetos essenciais da visita. 	<ul style="list-style-type: none"> -Observação dos alunos durante a visita - Guião - Poster
-----------------	---	--	--	--

3. Tramitação

TOMADA DE CONHECIMENTO	
COORDENADOR DO DMCE	ORGÃO DE GESTÃO
Data:	Data:
Rubrica:	Rubrica:

Airões, 7 de Maio de 2013

A Docente Dinamizadora

Anexo IV. Visita de Estudo ao Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire – Pedreira do Galinha e Castelo de Leiria – *Flyer* com a autorização



MONUMENTO NATURAL DE PEGADAS DE DINOSSÁURIOS

Ao procurar fósseis na Pedreira do Senhor Rui Galinha (Pedreira do Galinha), responsável pela Empresa Alfredo Francisco Galinha, Lda, João Carvalho em julho de 1994 encontrou o que na altura era o mais longo trilho de saurópode jamais visto! Situada na localidade de Bairro, no limite entre os concelhos de Dourém e de Torres Novas, a cerca de dez quilómetros de Eátima, a Pedreira do Galinha exibe uma extensa laje de calcário onde foram identificadas pelo menos vinte pistas de saurópodes.

A avaliação científica, pedagógica e cultural deste local foi o início de um complexo processo liderado pelo Museu Nacional de História Natural e que culminou com a sua classificação, em 1996, como Monumento Natural.

CASTELO DE LEIRIA

Quem entra na cidade de Leiria vê de imediato o seu castelo altaneiro, palco de vários acontecimentos importantes da história de Portugal. Conquistado aos mouros por D. Afonso Henriques, em 1135, o Castelo viria a ser reconquistado pelos mupulmanos, cinco anos depois, voltando para a mão dos cristãos, novamente, em 1142. Mas as lutas pela sua posse estavam longe de terminar tendo sofrido novo ataque islâmico. Devido a tantas lutas, D. Sancho I resolve reedificá-lo, corria o ano de 1190.

Hoje, para além de ser um local turístico, acolhe também alguns acontecimentos culturais, e tem igualmente um museu, na Torre de Menagem.

INFORMAÇÕES

- Partida da EBSA às 7h00.
- Chegada à EBSA às 18h30.
- Preço: os alunos com o escalão B pagam 7,00€ e os alunos sem escalão pagam 14€.
- O transporte casa-escola-casa é da responsabilidade do Enc. de Educação/familiar.

VISITA DE ESTUDO AO MONUMENTO NATURAL DAS PEGADAS DE DINOSSÁURIOS E CASTELO DE LEIRIA

Para os devidos efeitos, declaro que autorizo / não autorizo o meu educando _____ aluno nº _____ da turma _____ do 7º ano, a participar na Visita de Estudo. Junto envio a quantia de _____ destinada à comparticipação nas despesas da visita. A partida é às 7.00h e a chegada prevista às 18.30h.

O transporte casa-escola-casa é da responsabilidade do Encarregado de Educação /familiar.

O Encarregado de Educação

/ / 2013

A profesora responsável

(Prof. Maria José Nogueira)

Anexo V. Visita de Estudo ao Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire – Pedreira do Galinha e Castelo de Leiria – Relatório da atividade

Atividade	Visita de Estudo de 7º ano
Data	17 de Maio de 2013
Local	Vista de Estudo ao Monumento Natural de Pegadas de Dinossáurios e Castelo de Leiria
Hora	Das 7.00 H às 18.30 H
Organização/Dinamização	DMCE – Professora Maria José Nogueira
Âmbito	Ciências Naturais – 7º ano, História – 7º ano
Destinatários	Alunos do 7º ano
Professores Intervenientes	Maria José Nogueira, Jorge Morgado, Helena Malheiro, Fernanda Freitas e Hugo Sousa.
Consecução dos Objetivos	Os objetivos foram previamente estabelecidos e esta atividade decorreu conforme o planeado.
Ocorrências	Nada a registar.

Avaliação Global	<p>O processo que envolveu a realização da visita passou por diferentes fases:</p> <p><u>Preparação:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Definição dos objetivos didáticos e pedagógicos pretendidos / elaboração da planificação;- Contacto com as instituições a visitar: envio e receção de documentação variada;- Marcação do transporte;- Determinar professores acompanhantes;- Distribuição de material de suporte à visita a todos os professores acompanhantes;- Motivação / Sensibilização dos alunos para o projeto e para os locais a visitar através da análise de documentos, consulta dos sítios na internet e trabalhos de pesquisa. <p><u>Concretização:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Distribuição de material de apoio: guião da visita;- Visita aos espaços de acordo com os itinerários previamente estabelecidos. <p><u>Avaliação:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Análise e apresentação devidamente estruturada do material recolhido no momento;- Resolução das questões do guião da visita;- Elaboração de um poster da visita;- Reflexão crítica conjunta entre docentes e alunos;- Relatório final. <p>Todos estes princípios estiveram sempre presentes e nortearam a planificação da visita.</p> <p>Esta iniciativa teve como principais objetivos motivar os alunos para os conteúdos lecionados nas áreas disciplinares intervenientes, através de uma vertente mais prática e lúdica do ensino; desenvolver a capacidade de observação e espírito crítico; respeitar e valorizar o património cultural e natural, enquanto recurso para o desenvolvimento individual e coletivo assumindo responsabilidades na sua preservação e adquirir ou consolidar conhecimentos específicos.</p> <p>Nesta atividade os alunos tiveram a oportunidade de conhecer o Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire e o castelo de Leiria através de visitas guiadas por técnicos especialistas nas respetivas áreas.</p>
-------------------------	--

Avaliação Global	<p>O balanço da iniciativa foi bastante positivo, uma vez que, os alunos se mostraram sempre atentos às explicações que estavam a ser expostas e participaram ativamente e de forma responsável em todas as atividades propostas. Colocaram questões adequadas e pertinentes com o intuito de esclarecer dúvidas e alargar os seus conhecimentos relativos aos temas/conteúdos em estudo.</p> <p>Deste modo, os professores que participaram nesta atividade foram unânimes em considerar que a visita de estudo foi bastante proveitosa do ponto de vista pedagógico e que todos os objetivos definidos foram alcançados e todas as competências visadas desenvolvidas.</p> <p>O aspeto menos positivo, a lamentar por todos, prende-se com as condições atmosféricas adversas, principalmente no período da manhã.</p>
-------------------------	--

Pelos Professores Dinamizadores/Organizadores
<hr/> Maria José Nogueira

Tomada de conhecimento
Coordenador DMCE
<hr/> Luís Paulo Taipa

Anexo VI. Feira dos Minerais – Planificação
PLANIFICAÇÃO
1. DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE

Actividade	Feira dos Minerais
Data	7 e 8 de Abril
Local	Biblioteca
Hora	9.15 H - 11.30 H/ 14.00 H -16.30 H
Destinatários	Comunidade Educativa
Organização/Dinamização	DMCE – Grupo de Biologia e Geologia
Âmbito	Disciplina de Ciências Naturais
Objectivos Gerais	<ul style="list-style-type: none"> - Promover a interação entre todos os elementos da comunidade escolar; - Sensibilizar toda a comunidade escolar para as Ciências da Terra, nomeadamente a Geologia e a Mineralogia; - Motivar os alunos para o estudo da Geologia; - Reconhecer que a Terra é um sistema dinâmico em constante transformação; - Compreender a importância dos materiais constituintes da Terra: rochas e minerais; -Sensibilizar para a riqueza do património geológico em Portugal.
Docentes responsáveis	Maria José Nogueira
Docentes Acompanhantes	_____

2. INTEGRAÇÃO CURRICULAR DA ACTIVIDADE

Disciplina	Objectivos	Conteúdos	Actividades	Avaliação

3. TRAMITAÇÃO

TOMADA DE CONHECIMENTO		
COORDENADOR	COORDENADOR ____	DIRECTOR
Data:	Data:	Data:
Rubrica:	Rubrica:	Rubrica:

Airões, ____ de ____ de 2011

Docentes Dinamizadores: _____

Anexo VII. Feira dos Minerais – Relatório da atividade

RELATÓRIO

“FEIRA DOS MINERAIS”

Em articulação com a Semana da Ciência, realizada entre dias 4 e 8 de Abril de 2011, os docentes dos grupos de Biologia e Geologia do Departamento de Matemática e Ciências Experimentais, dinamizaram uma Feira dos Minerais nos dias 7 e 8 de Abril de 2011, no espaço da Biblioteca Escolar. Esta actividade foi realizada com o intuito de alcançar os seguintes objectivos:

- Promover a interacção entre todos os elementos da comunidade escolar;
- Sensibilizar toda a comunidade escolar para as Ciências da Terra, nomeadamente a Geologia e Mineralogia;
- Motivar os alunos para o estudo da Geologia;
- Reconhecer que a Terra é um sistema dinâmico em constante transformação;
- Compreender a importância dos materiais constituintes da Terra: Rochas e Minerais;
- Sensibilizar para a riqueza do património Geológico em Portugal;

A actividade consistiu na venda e mostra de rochas, minerais e fósseis a toda a comunidade escolar.

Foi estabelecido o contacto com a empresa “Pedras e Pedrinhas” que enviou o material para venda para a escola. A organização, divulgação e venda dos materiais foi da responsabilidade das docentes do grupo de Biologia e Geologia e do Coordenador do departamento de Matemática e Ciências Experimentais. Deste modo, na semana anterior à realização da feira, foram afixados posters no recinto escolar de forma a dar a conhecer a toda a comunidade escolar a realização desta actividade.

A comunidade escolar aderiu de forma muito positiva à feira dado o interesse e participação de professores, alunos, funcionários e Encarregados de Educação nos materiais expostos. Relativamente aos últimos foram contabilizados 8.

A avaliação da actividade baseou-se na participação e interesse da comunidade escolar bem como no valor de vendas obtido.

Assim, os dinamizadores são unânimes quanto ao sucesso das metas atingidas, dado que as actividades revelaram-se do interesse da comunidade escolar e decorreram, de forma organizada como havia sido previsto.

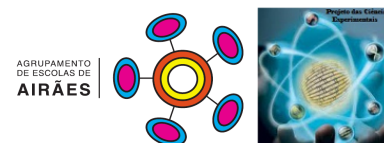
Os Professores organizadores / dinamizadores			
_____ (Cláudia Marques)	_____ (Maria José Nogueira)	_____ (Sandra Silva)	_____ (Susambell Jesus)

O Coordenador do DMCE

Anexo VIII. Semana da Ciência – Planificação

ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA DE AIRÃES

Projeto das Ciências Experimentais



Horas	2ª Feira (dia 22 de abril)	3ª Feira (dia 23 de abril)	4ª Feira (dia 24 de abril)	6ª Feira (dia 26 abril)	
8:30-9:15		Feira da Ciência: Turmas do 4º ano (EB1 - Airães)	Feira da Ciência: Turmas do 2º CEB	Visualização de filmes/documentários sobre a água (turmas 7º e 8º anos)	
9.15-10.00					
10.15-11.00					
11.00-11.45					
12.00-12.45					
12.45-13.30					
13.45-14.30	Encontro com a Ciência (5ºA, 5ºD e 6ºC): - Apresentação da peça de teatro “Micróbios” (7ºB); - Palestra “ Gestão Sustentável da Água”, dinamizada pela Dra. Helena Sousa (Escola Ambiental da Carriça).	Feira da Ciência: Turmas do 2º CEB	Feira da Ciência: Comunidade educativa		
14.30-15.15				Palestra “Qualidade da água” dinamizada pelos alunos de 11º ano e com a orientação da Prof. Diana Abreu.	
15.30-16.15					
16.15-17.00					
21.00					Palestra “Qualidade da água” dinamizada pelos alunos de 11º ano com a orientação da Prof. Diana Abreu.
Ao longo da Semana	Exposição “Cientistas portugueses” - Hall da entrada principal da escola				

Anexo IX. Semana da Ciência – Certificado dos palestrantes

Palestra CERTIFICADO		
		Semana da Ciência
<p>A Escola Básica e Secundária de Airães certifica que a <u>Dra. Helena Sousa</u>, realizou nesta escola, no dia 22 de Abril de 2013, uma palestra intitulada “Gestão Sustentável da Água”, no âmbito da Semana da Ciência.</p>		
<p>Escola Básica e Secundária de Airães, 22 de Abril de 2013</p>		
O Diretor		O Coordenador do DMCE
_____		_____



Palestra CERTIFICADO		
		Semana da Ciência
<p>A Escola Básica e Secundária de Airães certifica que a <u>Dra. Adriana Sampaio</u>, realizou nesta escola, no dia 22 de Abril de 2013, uma palestra intitulada “O Mistério do Cérebro”, no âmbito da Semana da Ciência.</p>		
<p>Escola Básica e Secundária de Airães, 22 de Abril de 2013</p>		
O Diretor		O Coordenador do DMCE
_____		_____

Anexo X. Semana da Ciência – Protocolos Experimentais de alguns dos ateliers da Feira da Ciência

Escola Básica e Secundária de Airões
Projeto das Ciências Experimentais

Semana da Ciência
Feira da Ciência



Atelier 1 – Como se geram as correntes marítimas?

Material:

- Aquário com uma divisória.
- Sal grosso
- Água
- Jarra elétrica
- Corantes de 2 cores
- Vareta

Procedimento:

1. Coloca a aquecer água numa jarra elétrica cheia.
2. Coloca o mesmo volume de água nos dois espaços do aquário.
3. Adiciona sal num dos espaços do aquário e agita com a vareta. A água deve ficar saturada.
4. Adiciona um corante à água salgada e agita.
5. Adiciona um corante de cor diferente à água normal e agita.
6. Sobe a divisória do aquário lentamente, de modo a que a água dos dois espaços contacte entre si.
7. O que observas?
8. Após observares o que sucede, adiciona a água quente.
9. O que observas?

Interpretação/Explicação:

Quanto maior a densidade, maior tendência a massa de água terá de afundar. A densidade, por sua vez, é determinada por dois fatores: temperatura e salinidade – quanto mais fria e salina a água for, mais densa ela é; quanto mais quente e diluída, menor a sua densidade. Assim, as águas mais quentes e diluídas ocorrem acima das águas mais frias e salinas, formando a circulação termo-halina, nome que é dado devido às influências da temperatura e salinidade na densidade das águas oceânicas.

Escola Básica e Secundária de Airões
Projeto das Ciências Experimentais

Semana da Ciência
Feira da Ciência



Atelier 7 – Porque é que a acidez prejudica animais com concha?

Material:

- Água
- Vinagre
- Ácido clorídrico (10%)
- Água efervescente (rica em dióxido de carbono)
- 4 copos (A, B, C e D)
- 4 conchas (por exemplo: mexilhão, amêijoia, lapa, craca)

Procedimento:

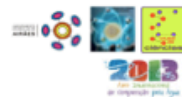
1. Coloca no copo A 100ml de água.
2. Coloca no copo B 100 ml de vinagre.
3. Coloca no copo C 100 ml de ácido clorídrico
4. Coloca em cada copo uma concha.
5. O que observas?
6. Coloca agora 100 ml de água efervescente no copo D.
7. Insere uma concha no copo D.
8. O que observas?
9. O que concluis?

Interpretação/Explicação:

As conchas são formadas por carbonato de cálcio (calcário). Quando um ácido, como o vinagre ou o ácido clorídrico, contacta com uma base, como o calcário, este transforma-se e liberta-se um gás (visível pelas bolinhas, que se observam). Quanto maior a acidez mais intensa é a reação química. A água efervescente é rica em dióxido de carbono. Este gás, uma vez na água, forma o ião bicarbonato, acidificando a água. Esta acidificação "rouba" o carbonato das conchas e esqueletos de seres vivos aquáticos, como os corais ou moluscos, levando à sua destruição progressiva.

Escola Básica e Secundária de Airões
Projeto das Ciências Experimentais

Semana da Ciência
Feira da Ciência



Atelier 3 – De que forma a poluição afeta a sobrevivência dos alfaíates?

Material:

- Tabuleiro;
- Clips;
- Água;
- Detergente.



Procedimento:

1. Enche o tabuleiro com água até metade da sua altura.
2. Coloca clips no tabuleiro, com muito cuidado, de modo a que fiquem à superfície.
3. Assim que tiveres alguns clips a flutuar coloca algumas gotas de detergente na água.
4. Observa o que acontece aos clips flutuantes.
5. Tenta colocar clips a flutuar na água com detergente.
6. Regista o que observaste

Interpretação/Explicação:

A água apresenta uma tensão superficial que funciona como uma membrana resistente ao peso de certos materiais.

Quando se adicionou detergente à água a sua tensão superficial diminui. O detergente representa um poluente que altera a composição química da água. Deste modo, a poluição da água contribui para o desaparecimento de insetos como os alfaíates, e consequentemente para a alteração das teias alimentares desse ambiente.

Escola Básica e Secundária de Airões
Projeto das Ciências Experimentais

Semana da Ciência
Feira da Ciência



Atelier 6 – Como podes depurar a água?

Material:

- Garrafão de plástico de 5L que permita a deposição de camadas espessas de diferentes materiais;
- Tesoura
- Rolha atravessada por um pequeno tubo de plástico ou de borracha
- Algodão hidrófilo
- Areia grossa bem lavada
- Areia fina bem lavada
- Carvão vegetal triturado e humedecido até formar uma pasta
- Recipiente de vidro
- Água suja (terra, arroz ou outros materiais)

Procedimento:

1. Cortar o fundo do garrafão.
2. Tapar o gargalo do garrafão com a rolha atravessada pelo tubo.
3. Inverter o garrafão e colocar-lhe camadas sucessivas de:
4. Algodão hidrófilo;
5. Areia grossa;
6. Areia fina;
7. Pasta de carvão;
8. Água suja (terra, arroz ou outros materiais);
9. Recolher a água que sai do tubo num vaso de vidro.

Interpretação/Explicação:

O dispositivo montado é um processo simples de como fazer um filtro de água para limpar muitas das impurezas que podemos encontrar na água turva. Este processo é uma forma básica de mostrar como a natureza filtra a água que provém das nascentes. Para ser consumida a água filtrada por este sistema, deveria ser fervida.

Anexo XI. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Autorizações para os alunos participantes na caminhada “Dê PES ao seu Coração”



No próximo dia 20 de Maio realizar-se-á uma caminhada, aberta a toda a comunidade educativa, no âmbito do Projeto de Educação para a Saúde desta escola.

Contamos com a participação de todos!

Profs. Responsáveis

Jorge Morgado/Maria José Nogueira

✕

Para os devidos efeitos, não me sendo possível participar, declaro que autorizo o meu educando _____, aluno nº _____ da turma _____ do _____º ano, a participar na Caminhada do dia 20 de Maio.

O Encarregado de Educação

_____ / _____ / 2012

Anexo XII. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Relatório da Atividade “Dê PES ao seu Coração”



Escola Básica e Secundária de Airães
Projeto de Promoção e Educação para a Saúde



Ano letivo 2011/2012

Relatório da Atividade “Dê PES ao seu Coração”

Esta atividade teve como objetivos principais:

- Incrementar a prática da atividade física.
- Fomentar a prática de atividade física como um meio de melhorar a saúde do coração.
- Estabelecer relações de empatia entre professores e alunos e restante comunidade escolar.

Preparação: Os membros da equipa PES, em colaboração com a Unidade de Saúde Pública do Concelho, levaram a cabo várias demandas na preparação desta atividade, nomeadamente:

- escolha do local da caminhada;
- pedido de colaboração de todos os presidentes das juntas de freguesia do agrupamento, como veículo de divulgação e incentivo para a participação da população interessada. Solicitamos ainda o apoio monetário no valor de 75€ a cada uma das freguesias;
- elaboração de cartaz de divulgação da atividade;
- elaboração de um cartaz impresso numa lona, com os 10 mandamentos para um coração saudável;
- recolha de inscrições de todas as pessoas da comunidade educativa interessadas em participar;
- contacto com os Bombeiros Voluntários da Lixa, para o apoio com uma ambulância durante o percurso;
- contacto com a Câmara Municipal de Felgueiras, para a cedência do transporte;
- contacto com as coletividades existentes no Agrupamento, no sentido da sua participação e animação de um lanche-convívio no final da caminhada.

Realização: No dia 20 de Maio, durante a tarde, realizou-se a caminhada no lugar do Seixoso.

Avaliação: De um modo geral, consideramos que os objetivos foram concretizados com sucesso, pois apesar das condições meteorológicas não serem favoráveis nesse dia, estiveram presentes cerca de 80 pessoas.

A Equipa PES

Anexo XIII. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Relatório da Atividade “Dia do 8º Aniversário do Agrupamento”



Escola Básica e Secundária de Airões
Projeto de Promoção e Educação para a Saúde



Ano letivo 2009/2010

Relatório de Actividade “Dia do 8º Aniversário do Agrupamento”

No dia 24 de Abril o Agrupamento de Escolas de Airões completava oito anos de existência. Para o efeito a Equipa PES, tentou juntar o útil ao agradável, participando e mostrando à comunidade educativa a vitalidade e jovialidade do Projecto neste Agrupamento.

Preparação: Os membros da equipa PES, tomaram parte nas diversas reuniões encetadas com as forças vivas das localidades influenciadas pelo Agrupamento. Os diversos departamentos e organizações convidadas foram patenteando as iniciativas que pretendiam realizar ou mostrar à comunidade educativa. Passo ante passo também a equipa PES deambulou pelas diversas temáticas para evidenciar e elucidar os participantes do Projecto de Educação para a Saúde. Deste modo, as temáticas foram *leitmotiv* para evidenciar as actividades. Mas como o tempo urgia e a necessidade de assegurar contactos de empresas foram arrepiando caminho e escolhendo as que seriam mais indicadas para um dia pleno de festividade. Deste modo, contactamos, um ginásio para abrir as festividades com uma demonstração de actividades físicas, uma empresa de rastreios auditivos, outra para avaliação de testes oftalmológicos, todos com um carro de apoio móvel e ainda rastreios no âmbito de análises clínicas numa “barraca” montada para o efeito.

Realização: O agendado dia 24 de Abril prometia ser um dia pleno, com os raios de sol a despontarem no horizonte promovendo desde logo o incentivo para a actividade física – a caminhada. Foram distribuídas as respectivas t-shirts com o logótipo da escola e cada aluno ou demais interessados fez a caminhada dos pontos de partida previamente estabelecidos. No centro das festividades – recinto desportivo da escola – início da tarde o ginásio incentiva os presentes para o exercício físico em diversas modalidades. Para toda a comunidade educativa, que assim o desejasse podia fazer os respectivos rastreios, que estavam disponibilizados.

Avaliação: Sem dúvida que muito do colorido desta actividade foi dinamizada pela equipa PES, pois tal aniversário assim o exigia. As actividades encetadas reflectiram as temáticas abordadas pelo Projecto, mas também serviram de apanágio para a comunidade educativa do quanto falta e se deve fazer nesta área de intervenção. Se existiram condições e sucesso para tal evento foi pela primazia da

excelência que Projecto PES dedicou à actividade. Corresponde a esta ideia a participação massiva de toda a comunidade educativa e local nos rastreios efectuados.

A Equipa do PES

Anexo XIV. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Certificação como Formadora na Área da Educação para a Saúde

*Conselho Científico-Pedagógico
da Formação Contínua*

**CERTIFICADO DE REGISTO
DE FORMADOR**

Para os efeitos previstos no artigo 37º, alínea d), do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, anexo ao Decreto-Lei nº207/96, de 2 de Novembro, o Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua procedeu ao **registro como formador** de

Maria José Carvalho Nogueira

na área e domínio:

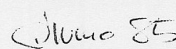
- D11 Educação para a Saúde

com aplicação a Professores do Ensino Básico


Ao presente certificado é atribuído o registo CCPFC/RFO-28717/11.

Braga, 25 de Janeiro de 2011

O Secretário do CCPFC


(Alvaro Santos)

Está conforme o original que
me foi presente


Em B / 1 / 2017

Anexo XV. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Planificação da Formação PRESSE



FORMAÇÃO PRESSE PLANIFICAÇÃO


DIA/MÊS	TEMÁTICAS	OBJECTIVOS	DURAÇÃO (HORAS)	FORMADORES
28/Outubro	1. PRESSE 1.1. Enquadramento legal da educação sexual em meio escolar 1.2. Apresentação do PRESSE 2. A Sexualidade Humana 2.1. Conceito abrangente da sexualidade humana. 2.2. A Sexualidade e a infância (1º ciclo)/ A Sexualidade e a pré-adolescência (2º ciclo)/ A Sexualidade e a adolescência (3º ciclo)	<ul style="list-style-type: none"> Conhecer a legislação que faz o enquadramento da aplicação da educação sexual em meio escolar. Definir o conceito de sexualidade humana. Promover o conceito de sexualidade humana nas várias dimensões. Conhecer as principais características associadas à sexualidade nas faixas etárias em que os alunos se encontram. Identificar os vários nomes possíveis para a mesma parte do corpo. Diminuir o desconforto associado à linguagem popular relacionada com a sexualidade. Uniformizar e adoptar a terminologia sexual adequada 	2	Prof. Jorge Morgado Prof. Maria José Nogueira Enf. Graciosa Enf. Conceição

16/Novembro	3. Saúde Sexual e Reprodutiva 3.1. Fisiologia da sexualidade 3.2 .Comportamentos sexuais 3.3. Reprodução Humana 3.4. Contracepção e Planeamento Familiar 3.5 VIH/sida e outras IST	<ul style="list-style-type: none"> • Distinguir adolescência de puberdade. • Conhecer as transformações que ocorrem durante a puberdade. • Discutir as repercussões da gravidez na adolescência. • Objectivos e actividades desenvolvidas nas consultas de planeamento familiar. • Conhecer as diferentes formas de contracepção. • Reconhecer os meios de transmissão da infecção VIH/SIDA. • Discutir os conceitos: risco e comportamento de risco. • Tomar consciência da facilidade de propagação das IST. • Reflectir sobre a pressão dos pares. 	3	
9/Novembro	4. Expressões da Sexualidade e Diversidade 4.1. Sexualidade e Família 4.2. Papéis e estereótipos de género 4.3. Afectividade 4.4. O enamoramento e outros amores	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender algumas características associadas à vivência da afectividade na adolescência. • Compreender o conceito de género. • Sensibilizar os formandos para a importância de se comunicar claramente. 	3	
24/Novembro	4. Expressões da Sexualidade e	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer as 		

	Diversidade 4.5. Orientação Sexual 4.6. Identidade sexual 4.7. Sexualidade e pessoa com deficiência	diferentes orientações sexuais e a importância do respeito e tolerância face a cada uma delas. <ul style="list-style-type: none"> • Desmistificação da sexualidade do deficiente. • Reflexão acerca da discriminação social à pessoa com deficiência. 	4	
2/Dezembro	4. Expressões da Sexualidade e Diversidade 4.8. Compreensão ética da sexualidade humana 4.9. Ética e dilemas morais	<ul style="list-style-type: none"> • Distinguir ética de moral. • Dotar os formandos de sentido crítico. 	3	

<p>10/Dezembro</p>	<p>5. Relações Interpessoais</p> <p>5.1. Assertividade</p> <p>5.2. Auto-estima e Auto-conceito</p> <p>5.3. Abuso Sexual e Maus-tratos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Introduzir o conceito de comunicação e sensibilizar os formandos para a importância de se comunicar claramente. • Promover o comportamento assertivo. • Compreender os diferentes tipos de comportamento: assertivo, agressivo, passivo e manipulador. • Demonstrar que o auto-conceito é multi-dimensional. • Compreender a relação entre auto-conceito e auto-estima. • Conhecer as estratégias habitualmente utilizadas pelos agressores e efeitos que podem ser observados nas vítimas, na situação de abuso sexual. 	<p>4</p>
<p>13/Dezembro</p>	<p>6.Educação Sexual em Meio Escolar</p> <p>6.1. Objectivos da ES (1º, 2º e 3º ciclos)</p> <p>6.2. Modelos de ES</p> <p>6.3. Perfil do Agente de ES</p> <p>6.4. Metodologias e Técnicas pedagógicas em ES</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definir e assimilar as características fundamentais de um agente de educação sexual. • Criar um regulamento para um ambiente seguro e propício à implementação da educação sexual. 	<p>3</p>

Anexo XVI. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Certificado de orientação da Ação de formação PRESSE para professores



Centro de Formação de Associação de Escolas Sousa Nascente
Registo de Acreditação: CCPFC/ENT-AE-0996/08

Certificado


António Fernando de Campos e Sousa, Diretor do Centro de Formação de Associação de Escolas Sousa Nascente, certifica que *Maria José Carvalho Nogueira*, portador do BI/CC nº 11872104, com o Certificado de Registo de Formador CCPFC/RFO-28717/11, orientou, sem qualquer contrapartida pecuniária, a Ação de formação subordinada ao tema "Formação de Professores no Programa Regional de Educação Sexual em Saúde Escolar (PRESSE)", acreditada pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua sob o número de registo CCPFC/ACC-65480/11 e teve como destinatários Docentes das Escolas Associadas do CFAE Sousa Nascente.


A Ação decorreu entre 25-02-2011 e 07-04-2011, na modalidade de Curso de Formação, com a duração 25 horas, nas instalações do Agrupamento de Escolas de Airões.

Nota: Por despacho do Senhor Secretário de Estado Adjunto e da Educação, de 15 de Junho de 2011, os docentes das escolas públicas têm a possibilidade de contabilizar para efeitos de progressão e avaliação de desempenho, créditos de formação em ações que, no ciclo 2009-2011, tenham lecionado enquanto formadores a exercerem funções sem contrapartida pecuniária em colaboração com os CFAE.

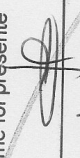
Lousada, 28 de Julho de 2011

O Diretor do CFAE Sousa Nascente,





António Fernando de Campos e Sousa está conforme o original que me foi presente



 Em 13/7/2011

Anexo XVII. Projeto de Promoção e Educação para a Saúde – Planificação Dia Mundial da Luta contra a SIDA



Ano Letivo 2016/2017	Projeto de Atividade
-------------------------	----------------------

1. Atividade:

1.1. Nome: Dia Mundial da Luta contra a SIDA

1.2. Data: 2 de dezembro de 2016.

2. Intervenientes/Destinatários:

2.1. Intervenientes: Alunos dos 2º e 3º ciclos e restante comunidade educativa.

2.2. Destinatários: Comunidade educativa.

3. Objetivos/atividades:

3.1. Objetivos:

- Contribuir para a redução das possíveis consequências negativas dos comportamentos sexuais, tais como a gravidez não planeada e as IST's;
- Contribuir para a tomada de decisões saudáveis na área da sexualidade.

3.2. Atividades:

Será entregue um quadrado de uma placa de isolamento térmico a cada turma, na oferta complementar, através do seu diretor de turma, sendo a proposta que cada uma das turmas numa das faces faça a identificação da turma e de modo criativo decore o espaço disponível, com aspetos alusivos à data em causa.

Para envolver outros elementos da comunidade educativa será cedido um quadrado aos auxiliares e um aos funcionários administrativos, pedindo também a sua colaboração. O objetivo é construir um painel juntando os quadrados, sendo que há uma imagem de fundo previamente concebida nesse painel, antes de ser dividido.

Serão também disponibilizados materiais aos alunos, cedidos pela Comissão Nacional de Luta Contra a SIDA.

4. Local/ Hora:

- Átrio

5. Recursos:

- Placa de isolamento térmico
- Materiais disponibilizados pela Comissão Nacional de Luta Contra a SIDA.

Responsáveis: Equipa PES

Coordenadora do PES: Maria José Nogueira

Data: 7 de novembro de 2016



PRIMEIROS SOCORROS



Anfiteatro da Escola Sede do Agrupamento

FORMADORA: ENF. CONCEIÇÃO

* Os formandos serão divididos em dois grupos, realizando-se uma sessão no dia 18 de Março para um grupo e a outra sessão no dia 19 de Março.

Escola:

Nome

[illegible]

Anexo XIX. Projeto de monitorização do Rio Neiva – Ficha de campo para a caracterização dos locais de colheita

Ficha de campo (caracterização de locais de colheita)

Local: _____

Data: ____/____/2006

Localização geográfica: _____

Código: _____

Sub-amostra: _____

Rio

Tipo de substrato: _____

Corrente: _____

Aspecto da água (ausência ou presença de cor e turvação): _____

Cheiro: _____

Profundidade média: _____

Largura média: _____

Cobertura vegetal/Luminosidade: _____

Margens

Vegetação: _____

Tipo de ocupação das margens: _____

Inclinação das margens: _____

Tipo de substrato predominante: _____

Observações:

Anexo XX. Projeto de monitorização do Rio Neiva – Caracterização de dois dos locais de colheita

Rio Neiva - Ecossistemas Aquáticos

Agrupamento de Escolas Foz do Neiva

Zona de Colheita - 3

Minante

[Página inicial](#) ☐



Local: Minante.

Índices bióticos:

BMWP' - valor 33, água poluída
IBB - valor 7, água ligeiramente poluída.



Rio		Margens	
Tipo de substrato	Substrato de areia e cascalho na zona central e areia e vasa nas margens.	Vegetação	Margens com bastante vegetação
Corrente	Pouca corrente e caudal muito baixo	Ocupação de margens	Não há construções.
Aspecto da água	Límpida	Inclinação das margens	Planas
Cheiro	Sem cheiro	Substrato predominante	Terra
Profundidade média	Entre 0,5 a 1 metro		
Largura média	Largo		
Cobertura vegetal/Luminosidade	Pouca cobertura, grande luminosidade		

Observações: Existência de açudes e de azenhas que fazem uma retenção das águas do rio assim como desvio da corrente e por isso regista-se uma diminuição da velocidade da corrente e uma coluna de água muito baixa. Conseguia-se atravessar o rio de uma margem à outra a pé..

Parâmetros Físico-químicos

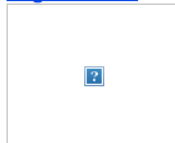
Rio Neiva - Ecossistemas Aquáticos

Agrupamento de Escolas Foz do Neiva

Zona de Colheita - 6

Barroselas

[Página inicial](#) ☐



Local: Moldes/Santa Tecla

É o local mais a jusante, o mais perto da foz do rio Neiva.

Índices bióticos:

BMWP' - valor 17, água seriamente poluída
IBB - valor 4, água muito poluída.



Rio		Margens	
Tipo de substrato	areia, cascalho e alguma vasa perto das margens	Vegetação	
Corrente	baixa	Ocupação de margens	Quase vedadas por construções de habitação mesmo em cima do rio.
Aspecto da água	límpida	Inclinação das margens	Planas
Cheiro	Sem cheiro	Substrato predominante	Terra
Profundidade média	1 metro		
Largura média	Largo		
Cobertura vegetal/Luminosidade	Pouca cobertura, grande luminosidade		

Observações: existência de açudes que travam o fluxo normal. Este valor de poluição pode ser resultado de um acumular de várias situações; esgotos de fábricas, esgotos domésticos não tratados, existência de deposição de lixo na margem que se agravam com a diminuição de caudal que acumula os produtos tóxicos.

Parâmetros Físico-químicos

Anexo XXI. Certificado da formação “Promoção e Educação para a Saúde – Oficina de Formação



Face aos respectivos registos, certifica-se que o aluno abaixo identificado frequentou a Acção de Formação Contínua indicada.

Aluno: Maria José Carvalho Nogueira
 Filiação: Manuel Nogueira Pinto
Maria Emília da Cunha Carvalho
 Data de Nascimento: 29-01-1981
 Bilhete de Identidade: 11872104
 Naturalidade: Amarante - Amarante (S. Gonçalo)
 Entidade Formadora: Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico do Porto
 Acção de Formação: Promoção e Educação Para a Saúde
 Formador: Carla Sónia Lopes da Silva Serrão
 Modalidade de Formação: Oficina de Formação Registo de Acreditação: CCPFC/ACC-47875/07
 Duração: 35 horas De: 06 de Fevereiro a 18 de Abril de 2009
 Avaliação Qualitativa: Excelente Avaliação Quantitativa: 9,9 (nove, nove valores)
 (escala de 1 a 10 valores)
 N.º de Créditos a atribuir: 2,8 (dois, oito créditos)

Mais se certifica que, para os efeitos previstos no artigo 5º, do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, a presente acção releva para efeitos de progressão em carreira de Professores dos Ensinos Básico e Secundário.

Para efeitos de aplicação do n.º 3 do artigo 14º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, a presente acção releva para a progressão em carreira de Professores dos Ensinos Básico e Secundário, ao abrigo do n.º 6 do Despacho n.º 2506/2007 do Secretário de Estado da Educação.

A presente vai autenticada com o selo branco em uso na Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico do Porto.

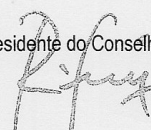
Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico do Porto, 8 de Julho de 2009

Está conforme o original que
me foi presente



Em 13/1/2010

O Presidente do Conselho Directivo



Rui Ferreira

Certidão N.º ESEGFC20090157

RF/SB

ESE-GFC-Mod008v01

O
A
D
I
T
R
E
C

Anexo XXII. Certificado da formação no “Programa Regional de Educação Sexual em Saúde Escolar –PRESSE”



ARS NORTE
Administração Regional
de Saúde do Norte, I.P.
Departamento de Saúde Pública

CERTIFICADO

Pelo presente, se certifica que
MARIA JOSÉ CARVALHO NOGUEIRA,
frequentou a Acção de Formação
**“PRESSE – PROGRAMA REGIONAL DE EDUCAÇÃO SEXUAL EM
SAÚDE ESCOLAR”**
com o n.º de registo de acreditação
CCPFC/ACC – 63478/10
de 22 de Junho de 2010
na modalidade de
Curso de Formação na área de Formação Contínua
tendo obtido a menção de
APROVADA, com a classificação de **8,8 – Muito Bom**
(Numa escala de 1 a 10 valores)
correspondendo a
1,4 crédito(s)

A Acção foi orientada por **Maria da Paz Moreira Martins de Amorim Luís,**
Susana Daniela Carvalho de Sousa, Luís Moreno Delgado e Miriam Raquel
Gonzaga da Cunha, tendo decorrido na **Escola EB 2,3 de Rio Tinto Nº 2** entre
12.07.2010 e 16.07.2010 no total de **35 horas** e enquadra-se no protocolo
estabelecido entre o Centro de Formação Júlio Resende e a Administração Regional
de Saúde do Norte – Departamento de Saúde Pública.

Gondomar, 07 de Setembro de 2010

Está conforme o original que
me foi presente

Em 13/1/2017

O director
CENTRO
DE FORMAÇÃO
Júlio Resende



ARS NORTE
Administração Regional
de Saúde do Norte, I.P.
Departamento de Saúde Pública

*Conselho Científico-Pedagógico
da Formação Contínua*

**CERTIFICADO DE ACREDITAÇÃO DE ACÇÃO
MODALIDADE CURSO DE FORMAÇÃO**

Para os devidos efeitos se certifica que, ao abrigo do nº1, do artigo 35º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, anexo ao Decreto-Lei nº207/96, de 2 de Novembro, o Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua concedeu à entidade formadora

CENTRO DE FORMAÇÃO JÚLIO RESENDE

acreditação à acção de formação, na modalidade **Curso de Formação**, nas condições expressas no presente Certificado:

Acção: PRESSE - PROGRAMA REGIONAL DE EDUCAÇÃO SEXUAL EM SAÚDE ESCOLAR

Nº de créditos: 1.4

Registo de acreditação: CCPFC/ACC-63478/10

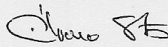
Prazo de validade para efeitos de início da acção: até 22 de Junho de 2013

Mais se certifica que, para os efeitos previstos no artigo 5º, do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, a presente acção releva para efeitos de progressão em carreira de Professores dos Ensinos Básico e Secundário.


Para efeitos de aplicação do nº 3 do artigo 14º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, a presente acção não releva para a progressão em carreira.

Braga, 22 de Junho de 2010

O Secretário do CCPFC


(Álvaro Santos)

Está conforme o original que
me foi presente


Em B/1/2012

Anexo XXIII. Certificado da formação “A vida das borboletas num habitat ribeirinho- Oficina de Formação”



 **GOVERNO DE PORTUGAL** | **MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA**

 **CENTRO DE FORMAÇÃO DR. RUI GRÁCIO**
LAGOS

Certificado

Certifica-se que **MARIA JOSÉ CARVALHO NOGUEIRA** frequentou a Acção de Formação: «**A vida das borboletas num habitat ribeirinho**», na modalidade de Oficina, que decorreu na Escola Secundária Júlio Dantas, de 04 de Março a 20 de Maio de 2015, com a duração total de 50 horas (25 horas presenciais + 25 horas autónomas), tendo obtido a classificação final de 9,6 valores (Excelente) e 2 créditos na área científico-didáctica para a progressão na carreira docente.

Registo de Acreditação da Acção: CCPFC/ACC – 81267/15

Formadoras: Paula Banza e Isabel Soares

Lagos, 29 de Junho de 2015

A Directora do Centro de Formação


Ana Cristina Madeira

Está conforme o original que me foi presente



Em 31/1/2017

Anexo XXIV. Certificado da formação “Tecnologias de comunicação multimédia”

CERTIFICADO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL

INFORPREPARAÇÃO
FORMAÇÃO PROFISSIONALINFORPREPARAÇÃO, LDA¹

Certifica-se que Maria José Carvalho Nogueira
natural de Guimarães nascido a 29/01/81, nacionalidade
Portuguesa, sexo feminino, portador de Bilhete de Identidade nº 11872104,
emitido pelo Arquivo de Identificação de Porto em 18/06/02, frequentou no
período de 29/12/04 a 01/04/05, o Curso de Formação Profissional de

TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO MULTIMÉDIA

com a duração total de 448 horas, tendo obtido a classificação final de 18 valores, numa escala de
0 a 20 valores.

Nogueira da Maia, 19 de Abril de 2005

O Director da Entidade Formadora
INFORPREPARAÇÃO
FORMAÇÃO PROFISSIONAL E COMÉRCIO DE EQUIPAMENTO INFORMÁTICO

Adelaide Teixeira (Dr.ª)

¹ Entidade acreditada pelo Instituto para a Inovação na Formação nos termos da Portaria nº 782/97, de 29 de Agosto com o nº 3738.



Está conforme o original que
me foi presente

[Signature]

Em 13/1/2012

UNIÃO EUROPEIA

Fundo Social Europeu



Portugal em Acção

MINISTÉRIO DAS ACTIVIDADES
ECONÓMICAS E DO TRABALHOCertificado nº 32 / 2005

MODALIDADE DE FORMAÇÃO: Formação Profissional Continua**ÁREA DE FORMAÇÃO:** 481 – Ciências Informáticas**COMPETÊNCIAS VISADAS:** No final da acção de formação os formandos são capazes de:

- ☐ compreender e utilizar adequadamente as diferentes ferramentas informáticas nas suas actividades profissionais diárias, de forma a potenciar a maximização do seu desempenho;
- ☐ tratar e interpretar informação, nas suas dimensões qualitativa e quantitativa;
- ☐ entender a dinâmica de funcionamento das organizações, nas dimensões financeira, comercial, recursos humanos e sistemas de informação, sendo capazes de conceber e produzir soluções informáticas aplicadas às diversas áreas de gestão organizacional;
- ☐ compreender os sistemas de constituição lógica dos computadores, com particular ênfase ao nível das tecnologias que mais contribuem para a qualidade de desempenho dos computadores actuais;
- ☐ compreender e identificar os aspectos fundamentais dos sistemas operativos;
- ☐ identificar os princípios de gestão de projectos multimédia, com particular ênfase para as técnicas de produção de conteúdos multimédia, forma a permitir um correcto desenho de aplicações e a adequada produção de conteúdos;
- ☐ utilizar as principais ferramentas de criação multimédia, de forma a potenciar o desenvolvimento e disponibilização de sofisticadas e inovadoras soluções multimédia adaptadas às crescentes necessidades do mercado.

ESTRUTURA CURRICULAR E CARGAS HORÁRIAS:

Tema A – Sócio Cultural	40 horas
<ul style="list-style-type: none"> – Módulo 1 – Desenvolvimento de Competências Pessoais e Relacionais – Módulo 2 – Marketing Pessoal – Módulo 3 – Técnicas de Procura de Emprego – Módulo 4 – Saúde, Ambiente, Higiene e Segurança – Módulo 5 – Igualdade de Oportunidades 	
Tema B – Instrumentos Básicos de Informática	112 horas
<ul style="list-style-type: none"> – Módulo 1 – Microsoft Windows XP – Módulo 2 – Microsoft Word XP – Módulo 3 – Microsoft Excel XP – Módulo 4 – Microsoft Access XP – Módulo 5 – Internet e Navegação 	
Tema C – Gestão Organizacional	40 horas
<ul style="list-style-type: none"> – Módulo 1 – Organização e Gestão de Empresas – Módulo 2 – Gestão Comercial – Módulo 3 – Gestão de Recursos Humanos – Módulo 4 – Informática Aplicada à Gestão 	
Tema D – Tecnologias de Produção e Comunicação Multimédia	88 horas
<ul style="list-style-type: none"> – Módulo 1 – Arquitectura de Computadores – Módulo 2 – Sistemas Operativos – Módulo 3 – Técnicas de Produção Multimédia 	
Tema E – Instrumentos de Desenvolvimento de Aplicações Multimédia	120 horas
<ul style="list-style-type: none"> – Módulo 1 – Macromedia Dreamweaver – Módulo 2 – Macromedia Flash – Módulo 3 – Macromedia Director 	
Tema F – Projecto	48 horas
<ul style="list-style-type: none"> – Módulo 1 – Desenvolvimento de Projecto Final 	

OBSERVAÇÕES:

Está conforme o original que
me foi presente



Em B 11/1/2012

Anexo XXV. Certificado da formação “Suporte Básico de Vida”

CERTIFICADO

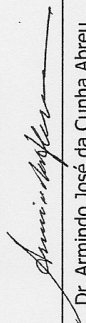
Certifica-se para os devidos efeitos que Maria José Carvalho Borges frequentou a acção de sensibilização “Suporte Básico de Vida”, com a duração de 2 horas, ministrada pela Cruz Vermelha - Delegação de Amarante e promovida pela Câmara Municipal de Amarante .

Amarante, 19 de Março de 2009

A Presidente da Delegação da Cruz Vermelha Portuguesa de Amarante


Maria Eugénia Borges de Moura

O Presidente da Câmara


Dr. Armindo José da Cunha Abreu


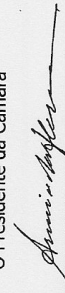

Está conforme o original que
me foi presente



Em BILHETA


Município de
amarante

Anexo XXVI. Certificado da formação “Manuseamento de Extintores”

<h1>CERTIFICADO</h1>	
<p>Certifica-se para os devidos efeitos que <u>Maria José Carvalho Nogueira</u> frequentou a acção de sensibilização “Manuseamento de Extintores”, com a duração de 2 horas, ministrada pelos Bombeiros Voluntários de Amarante e promovida pela Câmara Municipal de Amarante.</p>	
<p>Amarante, 19 de Março de 2009</p>	
<p>O Comandante dos B.V. de Amarante</p>  Fernando Rocha	<p>O Presidente da Câmara</p>  Dr. Armindo José da Cunha Abreu
<p>Está conforme o original que me foi presente</p>  Em <u>11/1/2013</u>	
<p>Município de amarante</p>	

Anexo XXVII. Certificado da formação “Normas e Procedimentos de Atuação e Evacuação”

<div style="text-align: center;"><h1>CERTIFICADO</h1><div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"><div style="width: 20px; height: 20px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div><div style="width: 20px; height: 20px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div><div style="width: 20px; height: 20px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div><div style="width: 20px; height: 20px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div></div></div> <p>Certifica-se para os devidos efeitos que <u>Maria José Carvalho Nogueira</u> frequentou a acção de sensibilização “Normas e Procedimentos de Actuação e Evacuação”, com a duração de 1 hora, ministrada pelo Comando Distrital de Operações de Socorro do Porto e promovida pela Câmara Municipal de Amarante.</p>	<p style="text-align: center;">Amarante, 19 de Março de 2009</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"><div style="width: 45%;"><p>O Comando Distrital de Operações de Socorro do Porto</p><p>Colonel Teixeira Leite</p></div><div style="width: 45%;"><p>O Presidente da Câmara</p><p>Dr. Armindo José da Cunha Abreu</p></div></div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"><div style="width: 45%;"><p>Está conforme o original que me foi presente</p></div><div style="width: 45%;"><p>Em 13/11/2019</p></div></div>
---	---



Município de
amarante

Anexo XXVIII. Certificado de participação no Workshop “Violência nas Relações de Intimidade: Compreender para Intervir”

*Violência nas Relações de Intimidade:
Compreender para Intervir*

CERTIFICADO

Certifica-se que Maria José Carvalho Nogueira, assistiu ao Workshop *Violência nas Relações de Intimidade: Compreender para Intervir*, dinamizado pela Dra. Sofia Moita, da Comissão para a Cidadania e Igualdade de Género, e pelo Dr. Milton Brochado, da Comissão de Protecção de Crianças e Jovens de Felgueiras (CPCJ), no âmbito do Projecto de Educação Sexual na Escola, em parceria com a CPCJ de Felgueiras, no dia 14 de Abril de 2010, na Escola Secundária de Felgueiras.

Está conforme o original que me foi presente

O Director

Escola Secundária de Felgueiras, 14 de Abril de 2010

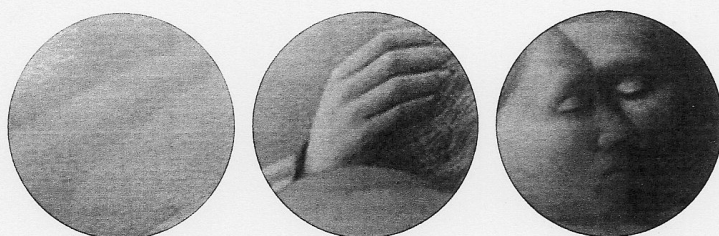
Del' A organização



Em 13/1/2012

Anexo XXIX. Certificado de participação no “Encontro Regional sobre a Aplicação da Educação Sexual nas Escolas”

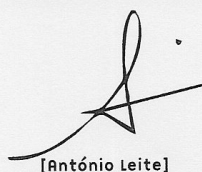
ENCONTRO REGIONAL SOBRE A APLICAÇÃO DA EDUCAÇÃO SEXUAL NAS ESCOLAS



CERTIFICADO

Certifica-se que Maria José Carvalho Nogueira participou no Encontro Regional sobre a Aplicação da Educação Sexual nas Escolas, no dia 5 de Maio de 2010, entre as 9.30h e as 17.30h, na Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto.

O Director Regional de Educação do Norte




[António Leite]

Está conforme o original que
me foi presente



Em 13/11/2012

Anexo XXX. Certificado de participação no “3º Encontro de Professores de Ciências Experimentais- Diálogos sobre Ciência”



areal
editores

de Professores
de Ciências
Experimentais

encontro


Diálogos sobre a Ciência

Certificado
de Presença

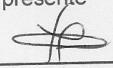
Declara-se que

Maria José Carvalho Nogueira
participou no 3.º Encontro de Professores de Ciências Experimentais,
organizado por Areal Editores, que se realizou na Exponor, no Porto, no
dia 9 de março de 2013.

Porto, 09.03.2013 Por Areal Editores


Anabela Afonso

Está conforme o original que
me foi presente



Em 13/11/2012

Porto
09 mar. 2013
Exponor

Cod. ARED05249

